



**SKRIPSI – ME14 1501**

**RANCANG BANGUN *SOLAR TRACKER DUAL AXIS* GUNA OPTIMALISASI PANEL SURYA  
UNTUK PENERANGAN PADA KAPAL**

**Nityasa Manuswara Hakam Yonni Tanaya**  
**NRP. 4212 100 008**

**Dosen Pembimbing I:**

Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

NIP : 1960 0319 1987 01 1001

**Dosen Pembimbing II:**

Adi Kurniawan, S.T., M.T.

NIP : 1989 0429 2014 04 1001

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**





# **RANCANG BANGUN *SOLAR TRACKER DUAL AXIS* GUNA OPTIMALISASI PANEL SURYA UNTUK PENERANGAN PADA KAPAL**

**Nityasa Manuswara Hakam Yonni Tanaya**  
**NRP. 4212 100 008**

**Dosen Pembimbing I:**

Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
NIP : 1960 0319 1987 01 1001

**Dosen Pembimbing II:**

Adi Kurniawan, S.T., M.T.  
NIP : 1989 0429 2014 04 1001

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2016**

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*



***FINAL PROJECT – ME 14 15 01***

***DUAL AXIS TRACKER DESIGN TO OPTIMIZE  
SOLAR PANEL FOR LIGHTING ON SHIP***

Nityasa Manuswara Hakam Yonni Tanaya  
NRP. 4212100008

**Supervisor I:**

Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
NIP : 1960 0319 1987 01 1001

**Supervisor II:**

Adi Kurniawan, S.T., M.T.  
NIP : 1989 0429 2014 04 1001

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2016**



*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

# LEMBAR PENGESAHAN

## ***RANCANG BANGUN SOLAR TRACKER DUAL AXIS GUNA OPTIMALISASI PANEL SURYA UNTUK PENERANGAN PADA KAPAL***

### **SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Nityasa Manuswara Hakam Yonni Tanaya**  
**NRP. 4212 100 008**

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi :

1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
NIP : 1960 0319 1987 01 1001

()

2. Adi Kurniawan, S.T, M.T.  
NIP : 1989 0429 2014 04 1001

()

**SURABAYA**  
**JULI 2016**



# LEMBAR PENGESAHAN

## RANCANG BANGUN SOLAR TRACKER DUAL AXIS GUNA OPTIMALISASI PANEL SURYA UNTUK PENERANGAN PADA KAPAL

### SKRIPSI

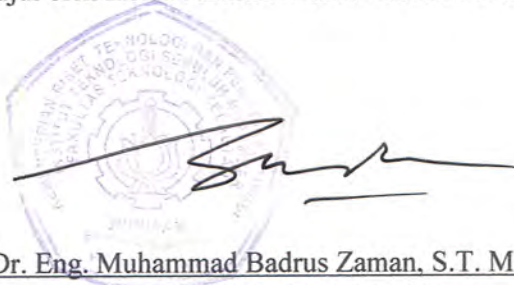
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Nityasa Manuswara Hakam Yonni Tanaya**  
Nrp. 4212 100 008

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T. M.T.  
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

# **RANCANG BANGUN *SOLAR TRACKER DUAL AXIS* GUNA OPTIMALISASI KINERJA PANEL SURYA UNTUK PENERANGAN PADA KAPAL**

**Nama Mahasiswa** : Nityasa Manuswara Hakam Yonni T.  
**NRP** : 4212 100 008  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
Adi Kurniawan, ST., MT.

## **Abstrak**

Kebutuhan energi dunia semakin lama semakin meningkat. Hingga saat ini total kebutuhan energi telah mencapai  $3 \times 10^{20}$  joule per tahun. Apabila ketersediaan cadangan energi dunia tidak dapat dihasilkan dengan cepat, maka tidak menutup kemungkinan akan terjadi krisis energi. Kapal sebagai alat transportasi juga berperan dalam konsumsi energi. Salah satu sumber energi terbarukan adalah energi cahaya matahari. Dengan bantuan alat solar panel, energi cahaya matahari ini dapat diubah menjadi energi listrik. Kinerja dari panel surya sangat dipengaruhi dari intensitas cahaya matahari yang mengenai panel surya. Dengan demikian dibutuhkan posisi panel surya yang selalu tegak lurus dengan arah datang sinar matahari. Untuk itu diperlukan suatu piranti atau sistem otomatis yang dapat menggerakkan panel surya agar selalu tegak lurus dengan arah datang cahaya matahari. Kapal sebagai alat transportasi yang membutuhkan energi listrik kini mulai memanfaatkan panel surya sebagai penghasil energi listrik. Namun posisi kapal yang selalu bergerak dan berpindah posisi mengakibatkan panel surya tidak mendapatkan sudut datang sinar matahari yang tegak lurus, sehingga daya yang dihasilkan kurang maksimal. Untuk itu diperlukan suatu sistem otomatis untuk menggerakkan panel surya agar mendapatkan sudut datang sinar

matahari yang tegak lurus. *Solar tracking system* adalah sebuah sistem yang dapat menggerakkan panel surya agar kedudukan panel surya selalu mengikuti arah datang sinar matahari. Dengan menggunakan mikrokontroler Arduino dan sensor LDR, panel surya dapat digerakkan sesuai sudut datang sinar matahari dengan otomatis. Dengan penggunaan *solar tracking system* pada panel surya dapat meningkatkan daya mencapai 23,2% dan peningkatan penerimaan intensitas cahaya matahari hingga 28,8% dibandingkan dengan panel surya statis.

**Kata kunci :** *Solar cell, arduino, solar tracker, LDR*

## ***DUAL AXIS TRACKER DESIGN TO OPTIMIZE SOLAR PANEL FOR LIGHTING ON SHIP***

***Name of Student*** : Nityasa Manuswara Hakam Yonni T.  
***NRP*** : 4212 100 008  
***Departement*** : Marine Engineering  
***Supervisor*** : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.  
Adi Kurniawan, ST., MT.

### ***Abstract***

*World energy requirements are progressively increasing. Until recently, the total energy requirements has reached  $3 \times 10^{20}$  joules per year. If the availability of world energy reserves that can not be generated on is decreasing rapidly, it is possible that there will be an energy crisis. Ship, as a means of transportation also plays a role in energy consumption. One of the source of renewable energy is the energy generated from sunlight. With the help of solar panels, sunlight energy can be converted into electrical energy. The performance of the solar panels are strongly influenced by the intensity of sunlight on the solar panel. It takes the position of the solar panels that is always perpendicular to the direction of sunlight coming. It required a device or otomatic system that can move the solar panels to be always perpendicular to the direction of sunlight coming. Ship as a means of transportation that requires electrical energy has now started to use solar panels as its electrical energy generator. But the ship's position is always moving and shifting positions resulting solar panels do not get the angle of incidence of sunlight are perpendicular, so that the power generated is less than the maximum. It required an automatic system to move the solar panels in order to get the angle of*

*incidence of sunlight are perpendicular. Solar tracking system is a system that can move the solar panels in order to position the solar panels always follow the direction of sunlight coming. By using the Arduino microcontroller and sensor LDR, solar panels can be moved in accordance with the angle of incidence of sunlight automatically. With the use of solar tracking system on solar panels could increase of 23,2% and gain lux increase 28,8 % compared with static solar panels.*

**Keywords:** *Solar cell, arduino, solar tracker, LDR*

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b><i>ABSTRACT</i></b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	 1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan dan Batasan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat .....	4
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	 5
2.1 Sel Surya .....	5
2.2 Panel Surya .....	5
2.3 <i>Dual Axis</i> .....	8
2.4 Mikrokontroler Arduino Mega 2560 .....	9
2.5 Sensor LDR .....	12
2.6 Motor DC .....	14
 <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN DAN PEMBUATAN ALAT</b> .....	 17
3.1 Metodologi Penelitian .....	17

3.1.1	Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	17
3.1.2	Studi Literatur .....	17
3.1.3	Pengumpulan Data .....	18
3.1.4	Persiapan <i>Software</i> dan Pemrograman .....	18
3.1.5	Pengujian Program <i>Software</i> .....	18
3.1.6	Pembuatan Sistem Elektrikal .....	18
3.1.7	Pembuatan Sistem Mekanik .....	18
3.1.8	Pengujian <i>Prototype Solar Tracker</i> .....	18
3.1.9	Pengambilan, Pengolahan Data, dan Kesimpulan .....	19
3.1.10	Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir .....	19
3.2	Pembuatan Alat .....	21
3.2.1	Pembuatan Program IDE Arduino .....	21
3.2.2	Pembuatan Sistem Mekanik .....	25
3.2.3	Pembuatan Sistem Elektrik .....	26
3.2.3.1	<i>Schematic Power Supply</i> .....	28
3.2.3.2	<i>Schematic Wheatstone Bridge</i> .....	29
3.2.3.3	<i>Schematic Driver Motor DC</i> .....	30
<b>BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA DATA .....</b>		<b>39</b>
4.1	Pengujian Arduino Mega 2560 .....	39
4.2	Pengujian Sensor LDR .....	41
4.3	Pengujian <i>Solar Tracker</i> .....	42
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>		<b>33</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Proyeksi konsumsi energi listrik .....	1
<b>Gambar 1.2</b>	Kapal dengan panel surya .....	2
<b>Gambar 2.1</b>	Perbedaan <i>cell</i> , <i>module</i> , dan <i>array</i> .....	3
<b>Gambar 2.2</b>	Kurva pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap arus dan tegangan .....	7
<b>Gambar 2.3</b>	Kurva pengaruh suhu terhadap tegangan dan arus panel surya .....	7
<b>Gambar 2.4</b>	Sudut <i>azzimut</i> , <i>zenit</i> , dan <i>atitude</i> .....	9
<b>Gambar 2.5</b>	Tampilan depan Aduino mega 2560 .....	11
<b>Gambar 2.6</b>	tampilan belakang arduino mega 2560 .....	11
<b>Gambar 2.7</b>	Tampilan <i>software</i> IDE .....	12
<b>Gambar 2.8</b>	Kurva pengaruh intensitas cahaya terhadap tahanan LDR .....	13
<b>Gambar 2.9</b>	Simbol dan bentuk LDR .....	13
<b>Gambar 2.10</b>	Rangkaian <i>wheatstone bridge</i> .....	14
<b>Gambar 2.11</b>	Motor DC .....	15
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram alir penelitian .....	20



<b>Gambar 3.2</b> <i>Sketch</i> pemrograman IDE .....	22
<b>Gambar 3.3</b> Diagram alir sistem .....	24
<b>Gambar 3.4</b> Desain <i>Solar Tracker</i> .....	25
<b>Gambar 3.5</b> Spesifikasi panel surya .....	26
<b>Gambar 3.6</b> Peletakkan sensor LDR .....	26
<b>Gambar 3.7</b> Alur kerja sistem .....	27
<b>Gambar 3.8</b> <i>Schematic power supply</i> .....	28
<b>Gambar 3.9</b> Rangkaian jembatan <i>wheatstone</i> .....	29
<b>Gambar 3.10</b> <i>Schematic</i> sensor LDR dan Pengondisi sinyal ...	30
<b>Gambar 3.11</b> <i>Schematic driver</i> Motor DC .....	31
<b>Gambar 3.12</b> <i>Schematic driver</i> motor DC pada proteus .....	31
<b>Gambar 3.13</b> Penggunaan pin <i>input</i> dan <i>output</i> pada arduino ..	32
<b>Gambar 3.14</b> Rangkaian <i>solar tracker</i> pada proteus .....	33
<b>Gambar 3.15</b> Kondisi 1 .....	33
<b>Gambar 3.16</b> Kondisi 2 .....	34
<b>Gambar 3.17</b> Kondisi 3 .....	34
<b>Gambar 3.18</b> Kondisi 4 .....	35
<b>Gambar 3.19</b> Kondisi 5 .....	35

<b>Gambar 3.20</b> Kondisi 6 .....	36
<b>Gambar 3.21</b> Kondisi 7 .....	36
<b>Gambar 3.22</b> Kondisi 8 .....	37
<b>Gambar 3.23</b> Kondisi 9 .....	37
<b>Gambar 4.1</b> <i>Sketch</i> IDE Arduino untuk pengujian PWM .....	40
<b>Gambar 4.2</b> Rangkaian pengukuran PWM Arduino mega2560..	41
<b>Gambar 4.3</b> Tampilan serial monitor IDE arduino .....	43

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tabel pengaruh bayangan ( <i>shading</i> ) terhadap keluaran daya panel .....	37
<b>Tabl 4.1</b> <i>Sketch</i> IDE Arduino untuk pengujian PWM .....	40
<b>Tabel 4.2</b> Hasil pengujian sensor LDR .....	42
<b>Tabel 4.3</b> Tabel hasil pengujian solar panel .....	44

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Setelah prototipe *solar tracker dual axis* dibuat dan dilakukan pengujian serta analisa data maka pada bab terakhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran. Kesimpulan dan saran yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari pengerjaan Tugas Akhir ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dirancang *solar tracker dual axil* dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan sensor LDR.
2. Daya rata – rata yang dihasilkan oleh panel surya dengan sistem *solar tracking system* dalam empat kali pengujain berturut – turut yaitu sebesar 15,92 Watt, 16,08 Watt, 16,81 Watt, 16,54 Watt dan 13,27 Watt.
3. Daya rata – rata yang dihasilkan oleh *solar panel satic* dalam empat kali pengujain berturut – turut yaitu sebesar 14,70 Watt, 14,22 Watt, 16,20 Watt, 16,26 Watt, dan 10.77 Watt.
4. Penigkatan daya dari panel surya dengan *solar tracking system* dari kelima pengujian berturut - turut yaitu 8.3%, 13.1%, 3.7%, 1.7% dan 23,2%.
5. Dengan dilakukan pengukuran menggunakan solarimeter, intensitas cahaya matahari yang diterima *solar tracker* tertinggi mencapai 1189 W/m<sup>2</sup>, sedangkan pada *solar static* intensitas cahaya tertinggi hanya 1021 W/m<sup>2</sup>.
6. Intensitas cahaya matahari rata – rata yang diterima *solar tracker* lebih tinggi 28,8% dibandingkan dengan *solar static*.

## 5.2 Saran

Dengan selesainya Tugas Akhir ini bukan berarti Tugas Akhir ini telah terselesaikan dengan sempurna. Untuk pengembangan dan penyempurnaan Tugas Akhir ini, maka diberikan saran yang dapat digunakan untuk pengembangan Tugas Akhir selanjutnya. Saran yang diberikan sebagai berikut :

1. Dalam penelitian ini belum membahas tentang akibat penerapan *solar tracking system* terhadap kestabilan kapal, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dipertimbangkan akibat dari pengaplikasian *solar tracking system* terhadap kestabilan kapal.
2. Penggunaan daya dari motor dan mikrokontroler dalam Tugas Akhir ini masih berasal dari PLN atau dari Aki yang diisi bukan dari panel surya dengan *solar tracking system*, sehingga belum bisa diambil kesimpulan efisiensi sesungguhnya dari panel surya apabila sumber daya dari motor dan mikrokontroler berasal dari pengisian yang dilakukan oleh panel surya dengan *solar tracking system*.
3. Panel yang digunakan dalam penelitian ini hanya satu macam spesifikasi daya, yaitu 20 Wattpeak dan masih belum diketahui apakah hasil dari penggunaan panel dengan spesifikasi lain akan memiliki hasil yang sama dengan penelitian ini jika diterapkan *solar tracking system*. Sehingga perlu dilakukan penelitian menggunakan panel dengan spesifikasi daya yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asmuniv. (2015). Retrieved from  
[http://www.vedcmalang.com/pppptkboemlg/index.php/menuu\\_tama/listrik-electro/1060-jos1](http://www.vedcmalang.com/pppptkboemlg/index.php/menuu_tama/listrik-electro/1060-jos1)
- electroschematics.com. (2016). Retrieved from  
<http://www.electroschematics.com/>
- Elektro, S. (2014). Retrieved from  
<http://www.serbaelektro.com/2015/06/penjelasan-prinsip-kerja-konstruksi-dan.html>
- ETAP. (2016). Retrieved from <http://etap.com/renewable-energy/photovoltaic-101.htm>
- Github. (2016). Retrieved from <https://github.com/Vaseltior/psa-obj-c>
- Instructables.com. (2016). Retrieved from  
<http://www.instructables.com/howto/schematic+power+supply/>
- Kadir, A. (1990). Energy.
- Mineral, D. E. (2010). Pemanfaatan Energi Surya .
- Mongabay. (2015, November). Retrieved from  
<http://www.mongabay.co.id/tag/kementerian-kelautan-dan-perikanan/page/2/>

- National Instrument*. (2015, March 14). Retrieved from <http://www.ni.com/white-paper/3432/en/>
- Permadi, W. (2008). Rancang Bangun Model Solar Tracker Berbasis Mikrokontroler untuk Mendapatkan Energi Matahari yang Maksimal.
- Polman. (2015). Retrieved from <http://www.polman-babel.ac.id/>
- Robert, S. (1996). *Solar Electricity, A Partial Guide to Desingning and Installing Small Photovoltaic System*.
- Saputra, W. (2008). Rancang Bangun Solar Tracking System untuk Mengoptimalkan Penyerapan Energi Matahari pada Solar Cell.
- Simatupang, S. (2013). Rancang Bangun dan Uji Coba Solar Tracker pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler ATmega16.
- wspublishing.net/. (2016, January 22). Retrieved from <http://wspublishing.net/avr-c/restoring-arduino-mega-bootloader/>
- zoniaelektro.net/. (2014, February 28). Retrieved from <http://zoniaelektro.net/sensor-suhu/>
- Zuhal. (1992). *Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka UtamaC.

## RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Nityasa Manuswara Hakam Yonni Tanaya. Penulis biasa dipanggil dengan sebutan Yasa. Anak ketiga dari pasangan suami istri Yonni dan Siti Aisyah ini lahir di Lumajang pada tanggal 14 Agustus 1993. Penulis menyelesaikan masa *study* jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS ini dalam waktu empat tahun. Riwayat pendidikan penulis dimulai di SDN Tempeh Tengah 01. Sekolah Dasar diselesaikan dalam waktu

enam tahun. Kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Tempeh dengan masa *study* tiga tahun dan melanjutkan ke SMAN 2 Lumajang yang diselesaikan dalam waktu tiga tahun. Di perkuliahan Jurusan Teknik Sistem Perkapalan penulis mengambil fokus di laboratorium MEAS dan menjalani aktivitas sebagai mahasiswa dan *grader* praktikum listrik perkapalan pada praktikum Paralel Generator dan Transformator. Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan – kegiatan ormawa di lingkung HIMASISKAL maupun BEM ITS. Kegiatan – kegiatan yang pernah diikuti penulis adalah sebagai berikut.

1. Staff Departemen Dalam Negeri HIMASISKAL FTK ITS 2013-2014
2. Sie Acara GERIGI ITS 2013
3. Panitia Dragon Boat Marine Icon 2013
4. Sie Display ITS EXPO 2014
5. Koor Dana Marine Icon 2014
6. Ketua Marine Icon 2015



7. Bendahara *Marine Electrical and Automation System Laboratory*

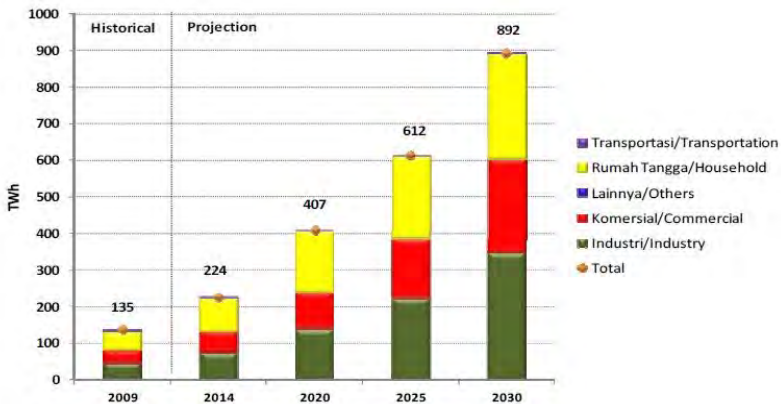
Pada mata kuliah tugas akhir penulis memilih bidang automasi dan menyelesaikan tugas akhir ini dalam waktu satu semester.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Krisis energi dalam kurun waktu belakangan ini menjadi salah satu masalah yang sering dibahas di berbagai negara. Kebutuhan total energi saat ini mencapai  $3 \times 10^{20}$  joule per tahun. Salah satu sumber energi dunia yang belum dimanfaatkan secara maksimal adalah energi matahari. Energi matahari yang sampai ke bumi adalah  $2,6 \times 10^{20}$  joule per tahun (ESDM, 2013). Sehingga energi matahari ini sangat berpotensi dijadikan sumber energi alternatif. Salah satu pemanfaatan energi matahari adalah dengan merubahnya menjadi energi listrik dengan penggunaan panel surya.



Gambar 1. 1 Proyeksi Konsumsi Energi Listrik  
(Sumber : CS, Desember 2011)

Panel surya merupakan piranti yang mampu merubah energi matahari menjadi energi listrik. Pemanfaatan panel surya saat ini mulai berkembang pemanfaatannya di bidang wahana laut. Dengan potensi sumber energi matahari yang melimpah dan berkelanjutan. Pemanfaatan panel surya pada bidang wahana laut, misalnya pada kapal penumpang patut untuk dikembangkan. Panel surya akan

menghasilkan daya yang optimal apabila permukaan panel surya menghadap tegak lurus dengan arah datangnya sinar matahari. Namun kapal yang sedang bergerak sangat memungkinkan untuk berubah – ubah arah sehingga panel surya tidak selalu menghadap tegak lurus dengan arah datang sinar matahari. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat bekerja secara otomatis untuk mengontrol panel surya agar dapat tetap tegak lurus terhadap arah datangnya sinar matahari agar didapatkan daya keluaran yang maksimal.



Gambar 1. 2 Kapal dengan panel Surya

Sumber : (Mongabay, 2015)

## 1.2 Perumusan dan Batasan Masalah

### 1.2.1 Permasalahan

Konversi energi sinar matahari menjadi energi listrik akan menjadi maksimal apabila arah datangnya sinar matahari tegak lurus dengan panel surya. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, panel surya harus diatur agar permukaan panel surya tegak lurus dengan arah datang sinar matahari. Pengontrolan panel surya dapat dilakukan dengan penerapan *solar tracking system*. Pada penelitian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini akan dilakukan pembuatan *solar tracking system dual axis*

menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560. Sehingga dalam Tugas Akhir ini dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara membuat sistem penjejak cahaya matahari untuk memaksimalkan kerja dari panel surya berdasarkan mikrokontroler arduino mega 2560?
2. Bagaimana perbandingan daya yang dihasilkan panel surya dengan sistem *solar tracker* dan panel surya statis?
3. Bagaimana perbandingan intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya dengan sistem *solar tracker* dan panel surya statis?

### **1.2.2 Batasan Masalah**

Untuk dapat merealisasikan penulisan tugas akhir ini, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560.
2. Sensor yang digunakan adalah sensor LDR.
3. Pengujian prototipe dilakukan di darat, bukan di atas kapal.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Untuk menjawab semua pertanyaan yang terdapat pada perumusan masalah diatas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Merancang sistem penjejak cahaya matahari untuk memaksimalkan kerja dari panel surya berdasarkan mikrokontroler arduino mega 2560.
2. Mengetahui perbandingan daya yang dihasilkan panel surya dengan sistem *solar tracker* dan panel surya statis.
3. Mengetahui perbandingan intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya dengan sistem *solar tracker* dan panel surya statis.

#### **1.4 Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dari perancangan *prototype* pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memahami sistem instrumentasi *solar tracker* berbasis mikrokontroler.
2. Meningkatkan daya yang dihasilkan panel surya untuk memenuhi kebutuhan energi pada sistem wahana laut.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sel Surya**

Sel surya adalah alat yang mampu mengonversi energi dari sinar matahari menjadi energi listrik. Energi dari sinar matahari merupakan sumber energi yang sangat melimpah, berkelanjutan (*sustainable*), murah dan ramah lingkungan. Pemanfaatan panel surya untuk menunjang pemenuhan energi listrik sangat potensial karena sumber energi yang digunakan keberadaannya sangat melimpah. Energi matahari yang sampai di permukaan bumi adalah  $2.6 \times 10^{24}$  Joule setiap tahun dan kebutuhan energi saat ini mencapai 10 Terra Watt atau setara dengan  $3 \times 10^{20}$  joule per tahun. Dengan jumlah energi matahari yang melimpah tersebut maka *solar cell* dapat menjadi penghasil energi listrik alternatif yang menjanjikan. Proses pengubahan energi dari sinar matahari dikonversi menjadi energi listrik melalui efek fotolistrik. Secara sederhana *solar cell* terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (*p-n junction semiconductor*) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron. Aliran elektron inilah yang disebut sebagai arus listrik.

#### **2.2 Panel Surya**

*Photovoltaic* atau solar panel atau juga disebut modul surya merupakan sebuah piranti yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. terdiri dari kumpulan sel surya yang dipasang secara seri.

Pada umumnya setiap sel dapat menghasilkan tegangan keluaran 0,5 – 0,6 V. Dari hasil surya yang terdiri dari 32 – 36 solar sel dihubungkan secara seri, maka akan menghasilkan kurang lebih 16V. Tegangan ini cukup untuk mengisi *accu* 12V. Beberapa modul *photovoltaic* yang disusun secara seri disebut *array*. *Array* akan menghasilkan daya yang lebih besar.

Berdasarkan sel surya penyusunnya, panel surya dibedakan sebagai berikut :

1. Polikristal (*Poly-crystalline*)

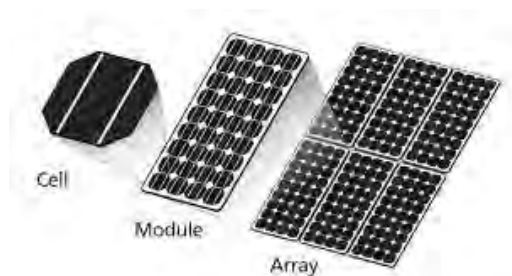
Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan energi listrik pada saat sinar matahari kurang melimpah atau mendung.

2. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel surya yang paling efisien. Panel ini memiliki efisiensi sampai 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik pada saat sinar matahari kurang melimpah atau mendung, efisiensinya akan turun drastis apabila cuaca berawan.

3. Amorphobous

Silikon Amorf (a-Si) telah digunakan sebagai bahan sel photovoltaic untuk kalkulator selama beberapa waktu. Efisiensi panel akan lebih tinggi dengan menumpuk beberapa sel tipis – film di atas satu sama lain, masing – masing sesuai untuk bekerja dengan baik pada frekuensi cahaya tertentu.



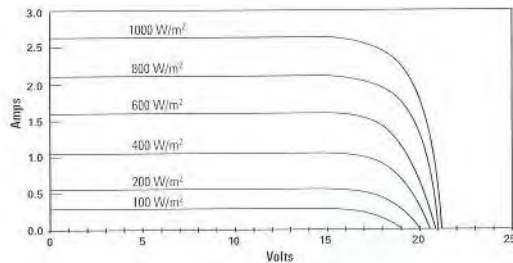
Gambar 2. 1 Perbedaan *cell*, *module*, dan *array*

Sumber : (ETAP, 2016)

Kinerja dari panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain sebagai berikut.

### 1. Intensitas Cahaya Matahari

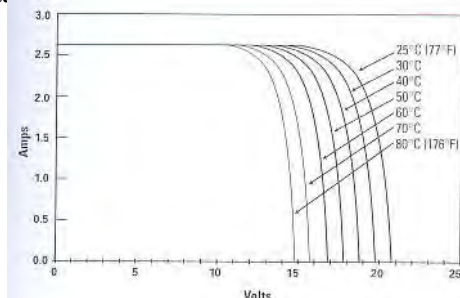
Semakin besar intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya maka akan semakin tinggi arus yang dihasilkan solar panel. Dengan demikian daya yang dihasilkan akan semakin besar.



Gambar 2. 2 Kurva pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap arus dan tegangan  
Sumber : (Polman, 2015)

### 2. Temperatur Solar Panel

Tingkat suhu mempengaruhi kinerja *solar cell*. Semakin tinggi suhu solar panel maka akan menurunkan efisiensi kerja *solar cell*. Kenaikan  $1^{\circ}\text{C}$  akan mengurangi efisiensi sekitar 0.4%.



Gambar 2. 3 Kurva pengaruh suhu terhadap tegangan dan arus panel surya  
Sumber : (Polman, 2015)



## 2 Bayangan (*Shading*)

*Shading* adalah kondisi salah satu atau lebih sel silikon dari panel surya tertutup dari cahaya matahari. Bayangan (*Shading*) ini mengakibatkan daya yang dihasilkan panel surya menjadi berkurang. Tabel di bawah menunjukkan pengaruh signifikan pengaruh *shading* terhadap performansi panel surya *single crystalline* tanpa *internal bypass diode*.

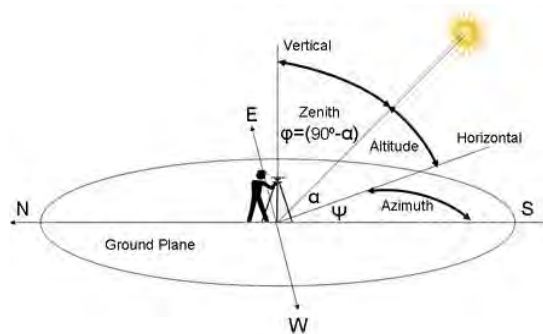
Tabel 2. 1 Tabel Pengaruh Bayangan Terhadap Keluaran Daya Panel Surya

Presentase dari bayangan pada satu sel surya	Presentase dari loss solar panel
0%	0%
25%	55%
50%	50%
75%	66%
100%	75%
3 sel terkena bayangan	93%

Sumber : (Asmuniv, 2015)

## 2.2 Dual Axis

Sistem *dual axis* berfungsi untuk merubah posisi panel surya menyesuaikan dengan sudut *azimuth* dan sudut *zenith* matahari. Posisi matahari menggunakan sistem koordinat horizontal di bumi dengan ditentukan oleh sudut *altitude / elevasi*, sudut *azzimuth* dan sudut *zenith*.



Gambar 2. 4 Sudut *azimuth*, *zenit*, dan *atitude*

Sumber : (Github, 2016)

Sudut elevasi atau *altitude* adalah sudut yang terbentuk dari garis horizontal bumi ke atas (langit). Sudut *azimuth* adalah sudut yang terbentuk searah jarum jam dan diukur mulai dari utara bumi (0 derajat).

## 2.4 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Mikrokontroler adalah suatu perangkat atau komponen berbentuk Integrated Circuit (IC) yang memiliki fitur-fitur layaknya sebuah komputer. Didalam sebuah chip mikrokontroler terdapat fungsi-fungsi seperti; CPU, Memori (RAM dan ROM), Input Output, dan semua fungsi tersebut dapat distel sesuai keinginan. Mikrokontroler berfungsi untuk pekerjaan yang sederhana seperti pengontrol (*controller*) *Air Conditioner*, pengontrol pintu otomatis, pengolah data alat elektronik, dan sejenisnya. Mikrokontroler dapat diprogram sesuai pengguna dengan cara memasukan suatu perintah berbasis bahasa komputer (C, Assembler, dll).

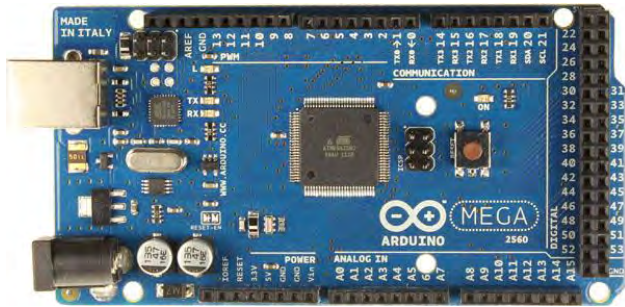
Arduino adalah sebuah platform open source (sumber terbuka) yang digunakan untuk membuat proyek-proyek elektronika. Arduino terdiri dari dua bagian utama yaitu sebuah papan sirkuit fisik (sering disebut juga dengan mikrokontroler) dan sebuah perangkat lunak atau IDE (Integrated Development Environment) yang berjalan pada

komputer. Perangkat lunak ini sering disebut Arduino IDE yang digunakan untuk menulis dan meng-upload kode dari komputer ke papan fisik (hardware) Arduino. Arduino tidak lagi membutuhkan perangkat keras terpisah (disebut programmer atau downloader) untuk memuat atau meng-upload kode baru ke dalam mikrokontroler. Cukup dengan menggunakan kabel USB untuk mulai menggunakan Arduino. Selain itu, Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan versi yang telah disederhanakan.

Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560 (datasheet ATmega2560). Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler.

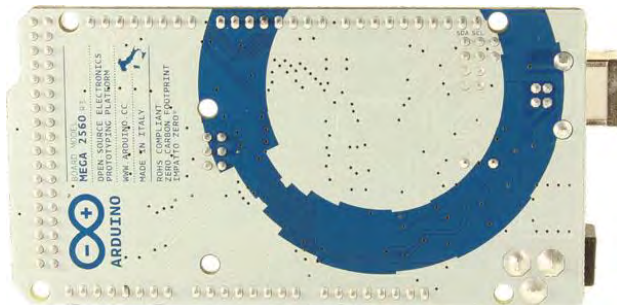
Berikut spesifikasi Arduino Mega 2560 yang kini sudah pada revisi 3 (R3) :

Microcontroller	: ATmega2560
Operating Voltage	: 5V
Input Voltage (recommended):	7 – 12V
Input Voltage (limits)	: 6-20V
Digital I/O Pins	: 54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	: 16
DC Current per I/O Pin	: 40 mA
DC Current for 3.3 V Pin	: 50 mA
Flash memory	: 256 kB of which 8 kB used by Bootloader
SRAM	: 8 kB
EEPROM	: 4 kB
Clock Speed	: 16 MHz



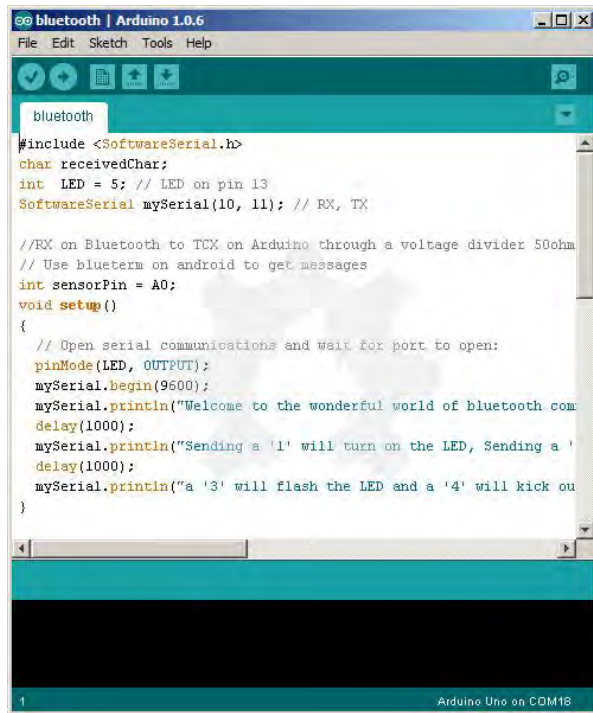
Gambar 2. 5 Tampilan depan arduino mega 2560

*Sumber : (electroschematics.com, 2016)*



Gambar 2. 6 Tampilan belakang arduino mega 2560

*Sumber : (electroschematics.com, 2016)*

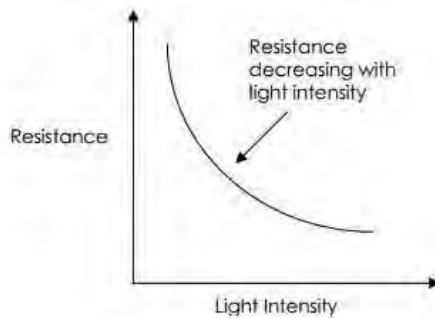


Gambar 2. 7 Tampilan *software* IDE  
 Sumber : (wspublishing.net/, 2016)

## 2.5 Sensor LDR

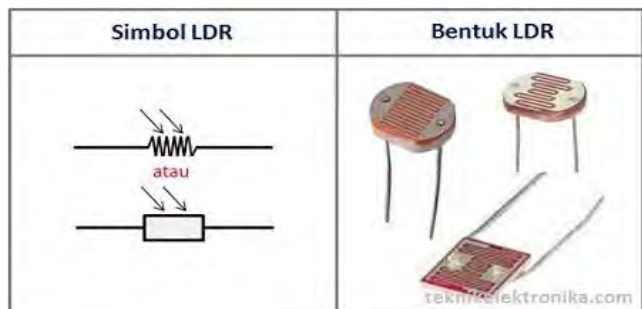
LDR atau *Ligt Dependet Resistor* adalah jenis resistor yang memiliki nilai hambatan bergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Nilai hambatan ini akan turun dengan bertambahnya intensitas cahaya yang diterima. Dan sebaliknya, nilai hambatannya akan bertambah dengan semakin menurunnya intensitas cahaya yang diterima. Dengan kata lain nilai hambatan dari LDR ini berbanding terbalik dengan intensitas cahaya yang

diterima. Fungsi dari LDR adalah untuk menghantarkan arus listrik ketika kondisi cahaya terang dan akan menghambat arus ketika kondisi cahaya kurang / gelap. Dengan kecilnya nilai hambatan LDR pada saat intensitas cahaya tinggi, maka tegangan yang melalui LDR akan tinggi. Dan sebaliknya, jika intensitas cahaya rendah maka nilai hambatan dari LDR akan tinggi dan menyebabkan tegangan yang melewati LDR akan kecil. Pada umumnya, nilai hambatan LDR akan mencapai 200 Kilo Ohm ( $k\Omega$ ) pada kondisi gelap dan menurun menjadi 500 Ohm ( $\Omega$ ) pada Kondisi Cahaya Terang.



Gambar 2. 8 Kurva Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Tahanan LDR

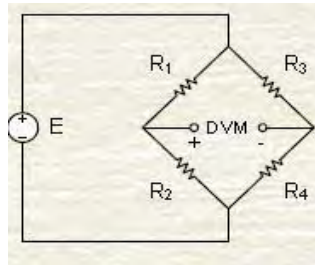
Sumber : (zonaelektro.net/, 2014)



Gambar 2. 9 Simbol dan bentuk LDR

( Sumber : <http://teknikelektronika.com/> )

LDR dirangkai dengan jembatan *wheatstone* dengan  $R_1=R_2=R_3$  bernilai R sama, sedangkan  $R_4$  adalah  $R_{ldr}$ . Gambar rangkaian dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Rangkaian *wheatstone bridge*

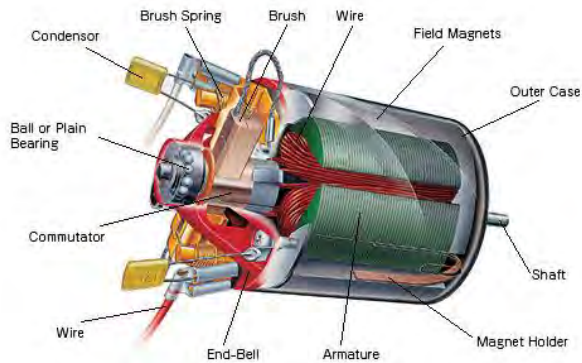
Sumber : (National Instrument, 2015)

*Jembatan wheatstone merupakan susunan rangkaian listrik untuk mengukur suatu tahanan yang tidak diketahui nilainya. Rangkaian ini bekerja dengan menyeimbangkan dua kali dari rangkaian jembatam, satu kaki yang mencakup komponen diketahui kerjanya mirip dengan potensiometer.*

## 2.6 Motor DC

Motor DC dalam sistem pengendali berfungsi sebagai aktuator. Motor DC mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC merupakan sebuah alat elektromagnetis yang dapat menghasilkan gerak memutar pada satu poros. Alat ini tersusun dari komponen kumparan, magnet, dan inti besi. Kumparan dililitkan pada inti besi, sedangkan magnet ditempatkan mengitari lilitan kumparan. Ketika kumparan dialiri arus, maka akan timbul medan magnet. Tegangan yang diinduksikan dalam sebuah konduktor harus sedemikian rupa sehingga medan magnet yang dihasilkan memiliki kutub-kutub yang berbeda dan berubah-ubah. Karena magnet tetap yang terpasang memiliki kutub tetap sedangkan magnet yang

dihasilkan oleh kumparan berubah-ubah maka akan terjadi gerakan yang apabila terjadi terus akan menghasilkan gerakan memutar. Arah putaran motor DC dapat dibalik dengan membalikkan salah satu hubungan medan atau jangkar. Struktur dari motor DC seperti pada gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2. 11 Motor DC  
*Sumber : (Elektro, 2014)*





*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN DAN PEMBUATAN ALAT**

#### **3.1 Metodologi Penelitian**

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi ini adalah dengan membuat suatu kerangka dasar penyelesaian terhadap permasalahan yang diangkat dalam skripsi ini. Metodologi ini berisi tentang langkah – langkah yang akan dilakukan untuk menyelesaikan penelitian. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah membuat rancang bangun *prototype solar tracker* dengan mikrontroler Arduino Mega 2560. Secara garis besar penyelesaian penelitian tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun *Solar Tracker Dual Axis* Guna Optimalisasi Panel Surya untuk Penerangan pada Kapal” terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

##### **3.1.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Awal tahapan dalam pengerjaan skripsi ini adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada yang kemudian dirumuskan dalam perumusan masalah yang nantinya akan diselesaikan selama pengerjaan skripsi ini. Selain itu, juga terdapat batasan masalah. Hal ini dimaksudkan agar topik bahasan lebih mendetail dan tidak terlalu meluas. Juga akan memudahkan penulis dalam melakukan analisa masalah dan pembuatan *prototype*.

##### **3.1.2 Studi Literatur**

Tahapan ini dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai referensi guna menunjang penyelesaian skripsi ini. Studi literatur dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti, buku, jurnal, tugas akhir, dan internet, maupun bertanya langsung kepada pihak – pihak yang berkompeten.

Untuk pencarian berbagai referensi dan literatur dilakukan di beberapa tempat, antara lain :

- A. Perpustakaan Pusat ITS
- B. Ruang Baca FTK
- C. Ruang Baca MEAS

### **3.1.3 Pengumpulan data**

Pengumpulan data dilakukan guna menunjang dalam penyelesaian skripsi ini. Pengumpulan data diperlukan untuk mengetahui data faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja dari panel surya dan kondisi gerak matahari.

### **3.1.4 Persiapan *Software* dan Pemrograman**

Tahapan ini dilakukan untuk pembuatan program mikrokontroler pada *software* IDE Arduino.

### **3.1.5 Pengujian Program *Software***

Setelah pembuatan program pada IDE Arduino atau disebut *sketch*, dilakukan pengujian untuk memeriksa ada tidaknya kesalahan dalam pembuatan *sketch*. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan menu *compile* yang tersedia pada *software* IDE Arduino. Apabila pengujian ini berhasil maka dapat dilanjutkan dengan langkah pembuatan sistem elektrikal. Namun jika gagal, maka harus mengulangi langkah sebelumnya.

### **3.1.6 Pembuatan Sistem Elektrikal**

Tahap ini menyusun sistem elektrikal yang menunjang kinerja dari *solar tracker* agar dapat bekerja dengan baik.

### **3.1.7 Pembuatan Sistem Mekanik**

Tahap ini merupakan tahapan untuk merakit sistem mekanik *prototype* secara keseluruhan. Dengan menggabungkan program pada IDE Arduino, sistem elektrikan, dan sistem mekanik agar terbentuk *prototype solar tracker* secara menyeluruh.

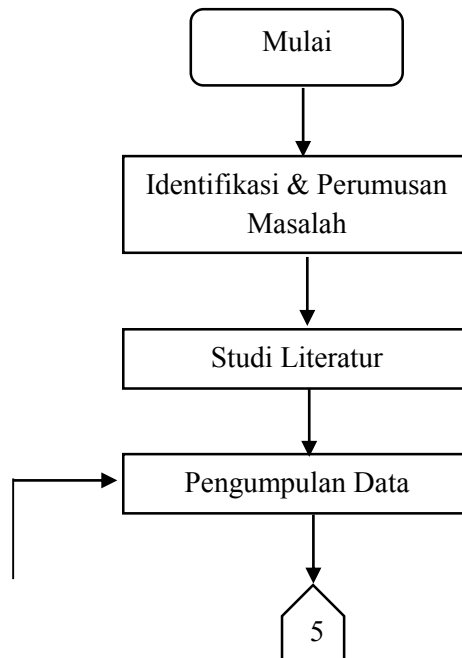
### 3.1.8 Pengujian Prototype Solar Tracker

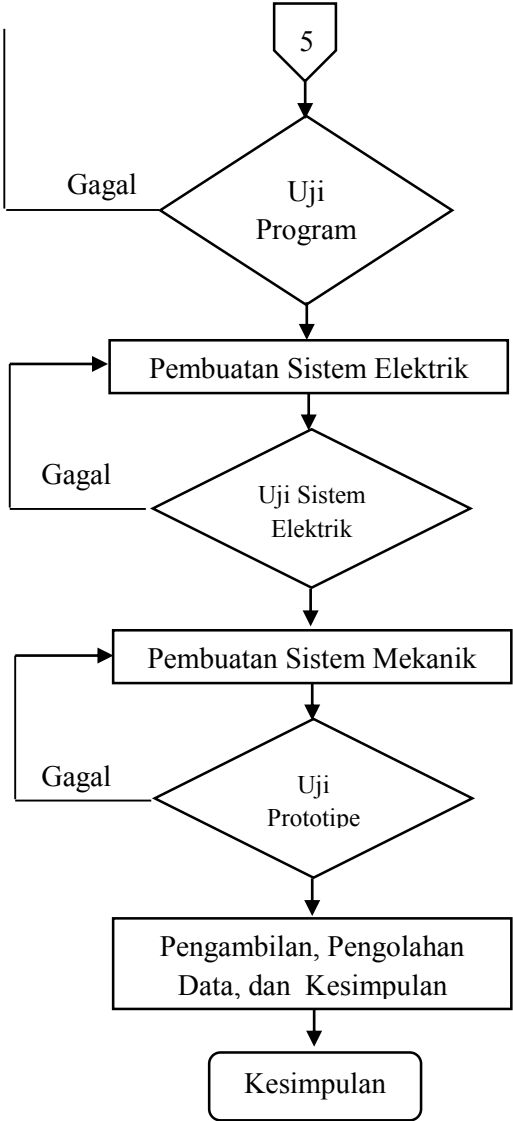
Setelah prototype selesai dibuat secara menyeluruh, maka dilakukan pengujian apakah *prototype* dapat berjalan seperti diinginkan, yaitu panel surya akan menghadap mengikuti arah datangnya cahaya.

### 3.19 Pengambilan, Pengolahan Data, dan Kesimpulan

Tahap ini dilakukan untuk melakukan pengambilan data yaitu berupa daya yang dihasilkan dari panel surya dengan *tracker system* dan statis. Dari data tersebut dapat diolah dan dibandingkan daya yang dihasilkan dari kedua sistem panel surya tersebut.

### 3.1.10 Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

## 3.2 Pembuatan Alat

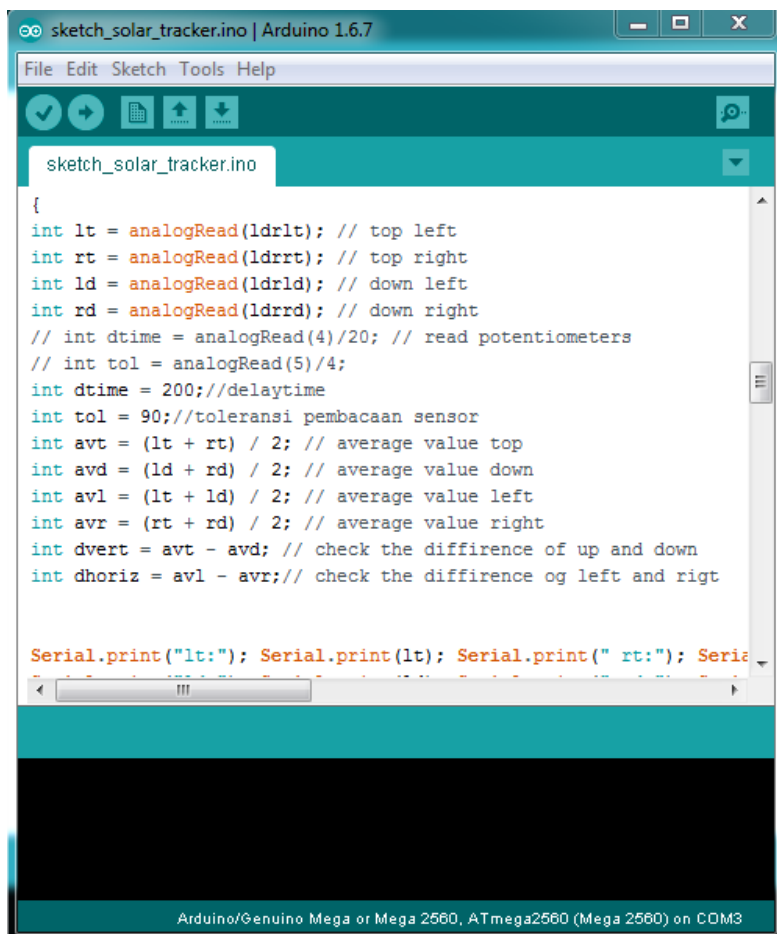
Dalam pembuatan *Solar Tracker Dual Axis* terdapat tiga tahap utama yang harus dilakukan, yaitu perancangan sistem mekanik, perancangan sistem elektrik, dan perancangan pemrograman pada *software*. Perancangan sistem elektrik meliputi *power supply*, rangkaian sensor LDR dengan jembatan *wheatstone*, *driver* motor DC, dan rangkaian pengondisian sinyal. Dan pada bagian pemrograman *software* terletak pada pemrograman IDE Arduino yang akan merupakan diinputkan pada mikrokontroler Arduino Mega 2560. Penjelasan dari ketiga tahapan tersebut adalah sebagai berikut.

### 3.2.1 Pembuatan Program IDE Arduino

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan program yang akan dimasukkan ke dalam mikrokontroler arduino mega 2560 yang nantinya akan mengontrol secara otomatis *prototype* secara keseluruhan. Tampilan software IDE dapat dilihat pada gambar 3.2.

Prosedur dalam pembuatan program di IDE dimulai dengan membuat *sketch*, melakukan kompilasi, memilih jalur komunikasi, dan melakukan *upload* program. Secara ringkas prosedurnya adalah sebagai berikut.

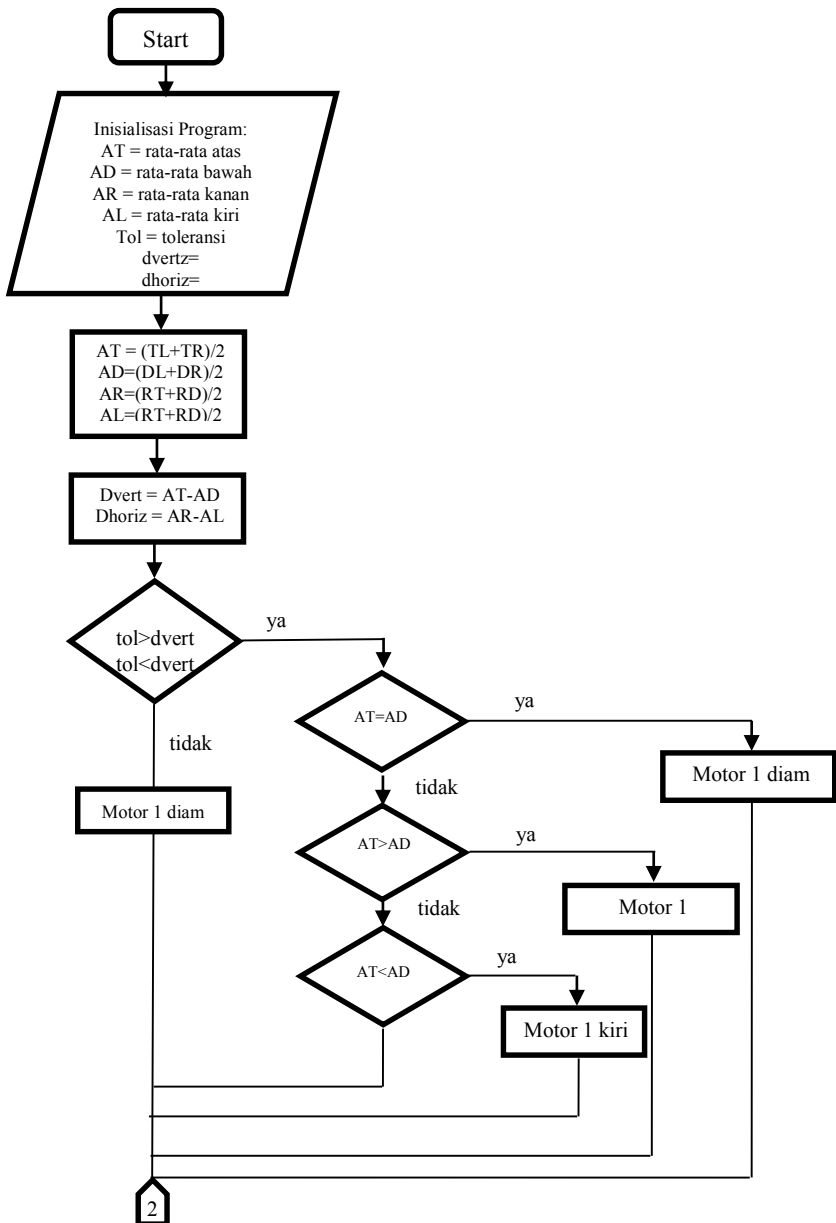
1. Menulis intruksi program
2. Simpan program
3. Sesuaikan tipe board dengan sistem minimum yang digunakan dengan cara klik *Tools – Board – Arduino Mega 2560*
4. Lakukan kompilasi (*verify*) untuk mengecek hasil pemrograman
5. Upload program

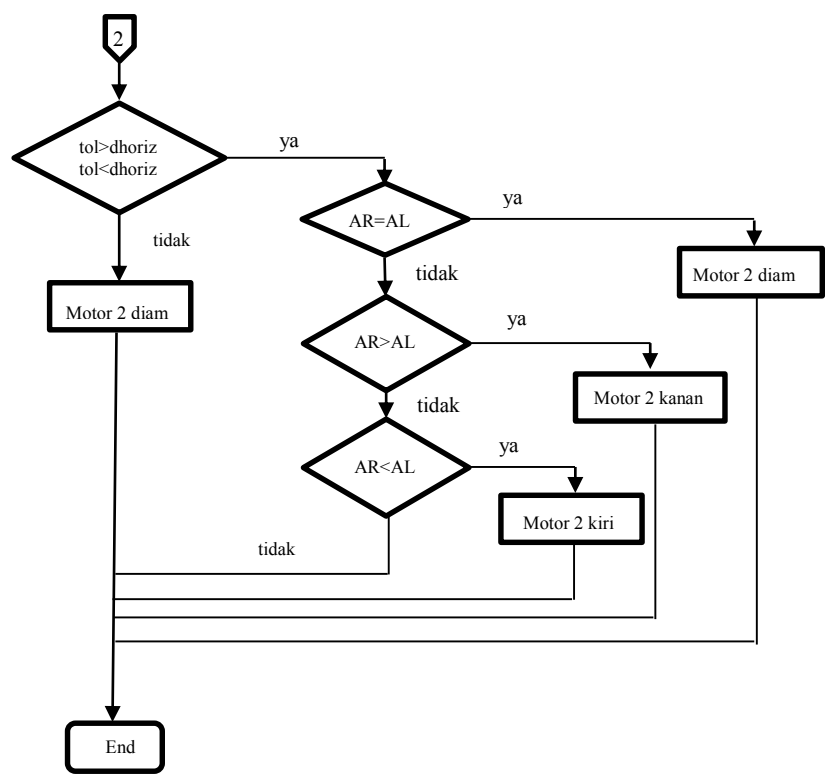


Gambar 3. 2 Sketch pemrograman IDE

Program yang dituliskan di dalam program IDE dalam pembuatan *prototype solar tracker* ini terlampir pada lampiran. Dengan program IDE di atas maka sistem mekanis *solar tracker dual axis* akan mampu menggerakkan sistem panel surya secara otomatis mengikuti arah datang sinar matahari. Secara ringkas flowchart sistem kerja dari sistem mekanis dan program IDE adalah sebagai berikut.





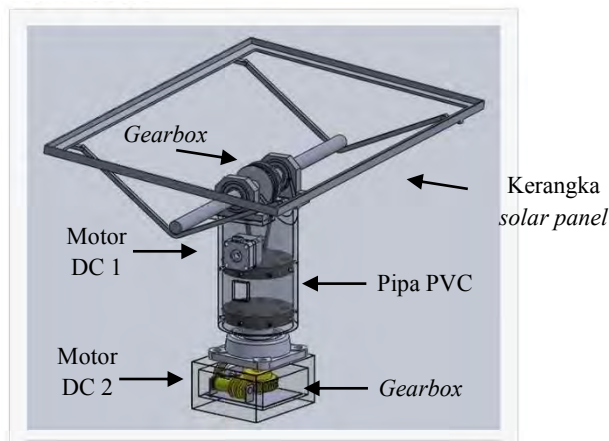


Gambar 3. 3 Diagaram Alur Kerja Sistem

### 3.2.2 Pembuatan Sistem Mekanik

Pada tahapan pembuatan sistem mekanik dilakukan untuk membuat *prototype* sesungguhnya. Untuk pertama dibuat pemodelan terlebih dulu menggunakan aplikasi *google sketchup* untuk membuat model seutuhnya dari bentuk alat.

Bagian – bagian *hardware* ini berupa panel surya, kerangka *solar tracker*, dua buah motor DC untuk penggerak secara sumbu *zenith* dan *azimuth*, dan *gearbox*.



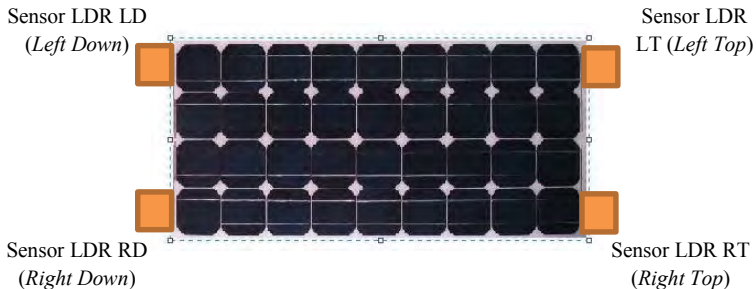
Gambar 3. 4 Desain Solar Tracker

Panel surya yang digunakan memiliki ukuran panjang 50 cm, lebar 30 cm, berat 2,3 kg. Spesifikasi PV dapat dilihat pada gambar 3.4. Setiap motor dihubungkan dengan *gearbox* menggunakan rantai. Penggunaan *gearbox* ini sebagai transmisi agar motor lebih mudah memutar poros yang berputar secara *azimuth* dan *zenith*.

Sensor LDR diletakkan pada setiap ujung dari sisi panel surya, yaitu bagian kanan atas (*right top / RT*), kanan bawah (*right down / RD*), kiri atas (*left top / LT*), dan kiri bawah (*left down / LD*). Peletakkan seperti ini agar masing – masing sensor LDR dapat menerima intensitas cahaya dengan perbedaan yang signifikan. Peletakkan sensor LDR dapat dilihat pada gambar 3.6.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Panel Surya

Module Type	SP-20
Rated max power (Pmax)	20W
Current at Pmax (Imp)	1.15A
Voltage at Pmax (Vmp)	17.4V
Short-circuit current (Isc)	1.23A
Open circuit voltage (Voc)	22.4V



Gambar 3. 5 Peletakkan Sensor LDR

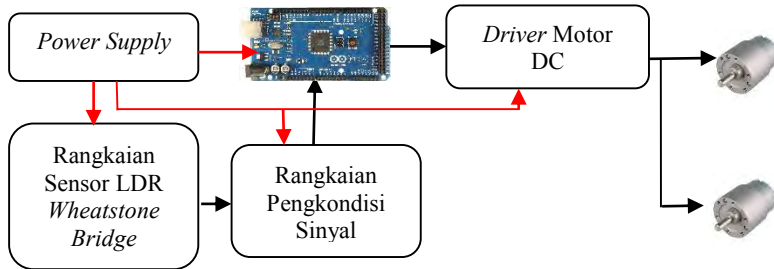
### 3.2.3 Pembuatan Sistem Elektrik

Sistem elektrik ini diperlukan untuk menunjang kinerja dari sistem mekanis. Sistem elektrik ini terhubung dengan mikrokontroler dan sistem mekanis. Terdapat berapa sistem elektrik yang digunakan dalam pembuatan *solar tracker* ini, antara lain :

1. *power supply*
2. rangkaian sensor LDR *wheatstone bridge*

3. rangkaian pengondisian sinyal
4. driver motor DC

Alur kerja dari keseluruhan sistem elektrik adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 6 Alur Kerja Sistem

Keterangan gambar 3.7 :

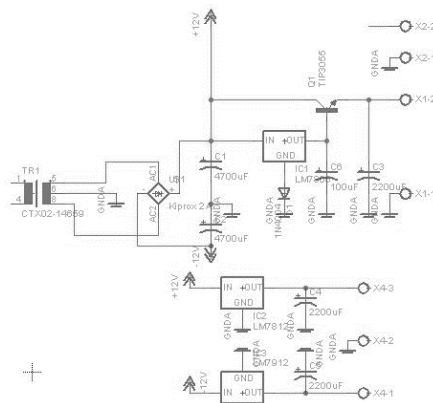
- = *input* dari *power supply* +5V, +9V dan +12V  
 → = koneksi rangkaian

*Power supply* memberikan tegangan *input* sebesar +9V untuk rangkaian sensor LDR dengan *wheatstone bridge*, +5V untuk arduino dan rangkaian pengondisi sinyal, +5V dan +12V untuk driver motor DC. Pengontrolan digunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dalam penentu *input* maupun *output* pada pin mikrokontroler Arduino.

Diagram blok diatas dapat dilihat bahwa banyak sedikitnya intensitas cahaya yang mengenai sensor LDR akan menjadi acuan motor untuk bergerak. Motor akan bergerak jika terdapat perbedaan intensitas cahaya yang diterima oleh sensor LDR. *Output* LDR di *feedback* kan ke Arduino dulu untuk dikontrol mendekati *setpoint* sehingga dapat memberikan sinyal pada pin I/O arduino untuk menggerakkan motor. Motor akan memposisikan *photovoltaic* agar posisinya tegak lurus dengan matahari.

### 3.2.3.1 Schematic Power Supply

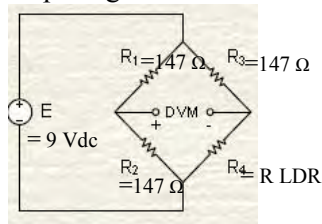
*Power supply* merupakan alat yang berfungsi untuk memberikan tegangan listrik DC pada komponen lain. Pada Tugas Akhir ini sumber tegangan berasal dari tegangan jala – jala PLN yaitu 220 Vac. Tegangan keluaran dari *power supply* ini yaitu +5 Vdc, +9 Vdc, dan +12 Vdc. Gambar *schematic power supply* dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3. 7 Schematic Power Supply  
Sumber : (Instructables.com, 2016)

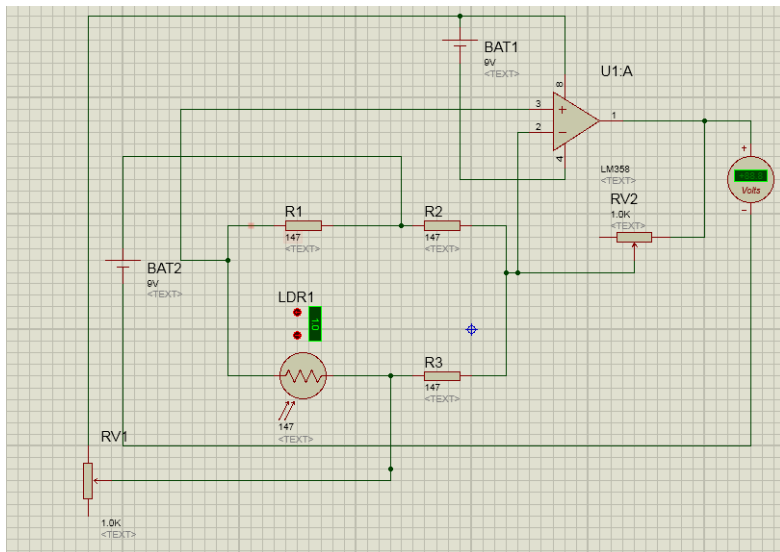
### 3.2.3.2 Schematic Wheatstone Bridge

Rangkaian *wheatstone bridge* digunakan agar pengukuran resistansi LDR lebih teliti pada setiap perubahannya. Rangkaian *wheatstone bridge* seperti pada gambar 3.9.



Gambar 3. 8 Rangkaian Jembatan  
*Wheatstone*

Rangkaian ini tersusun dari tiga resistor tetap dan satu LDR. Berdasarkan rata-rata resistansi LDR yang diukur pada pukul 10.00 – 13.00 besar nilainya adalah 147 Ohm. Sehingga pemilihan nilai resistansi tiga resistor tetap sebesar 147 Ohm yang didapat dari menggabungkan resistor 100 Ohm dan 47 Ohm secara seri. Dengan menggunakan program *Proteus*, *schematic wheatstone bridge* dapat dilihat seperti pada gambar 3.10.

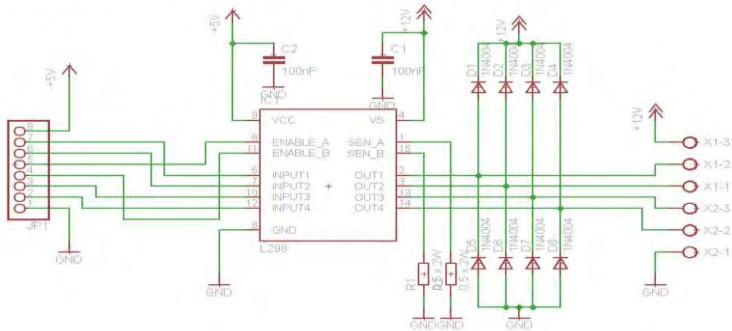


Gambar 3. 9 Schematic sensor LDR dan Pengondisi Sinyal

### 3.2.3.3 Schematic Driver Motor DC

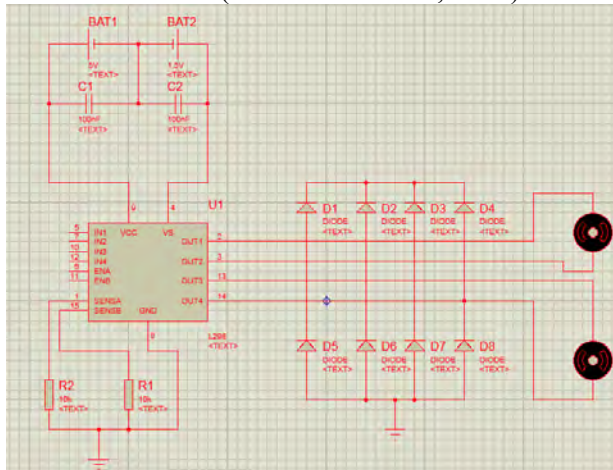
*Driver* motor DC ini menggunakan IC L298. Dengan input +5 Vac dan +12 Vs. Rangkaian *driver* motor DC terdapat pada gambar 3.10. Penggunaan *driver* motor DC ini untuk menggerakkan 2 motor DC agar dapat menggerakkan *solar tracker* secara *azimuth* dan *zenith*.

Driver motor ini digunakan untuk mengatur arah putaran motor (*clockwise/counter clockwise*) dari *output* mikrokontroler Arduino. Dengan menggunakan *software proteus*, rangkaian driver motor DC dapat disimulasikan seperti pada gambar 3.11 di bawah ini



Gambar 3. 10 Schematic Driver Motor DC

Sumber : (Instructables.com, 2016)



Gambar 3. 11 Schematic Driver Motor DC pada Proteus

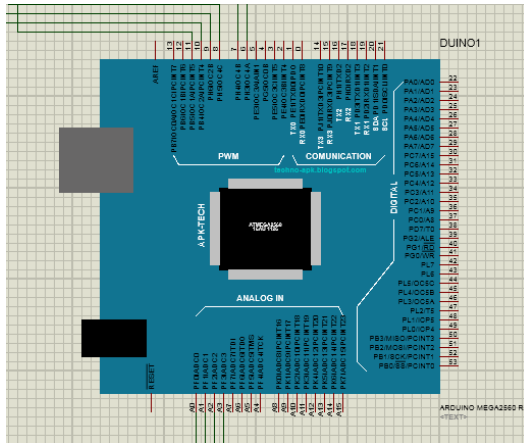
Sumber : (Instructables.com, 2016)



Pada arduino mega 2560, pin *input* dan *output* yang digunakan adalah sebagai berikut.

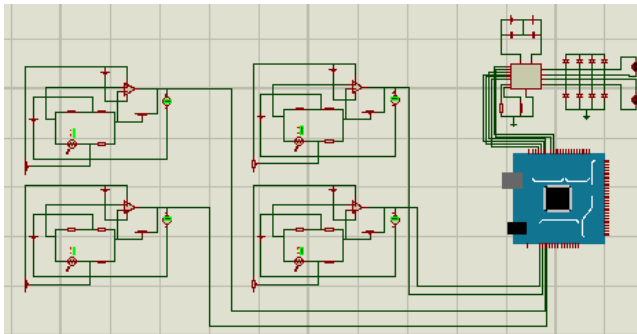
Pin *input* : A0, A1, A2, A3, in *input* digunakan untuk empat sensor LDR.

Pin *output* : 3, 4, 5, 6, 7, 8, pin *output* digunakan untuk *driver* motor DC.



Gambar 3. 12 Penggunaan Pin *Input* dan *Output* pada Arduino

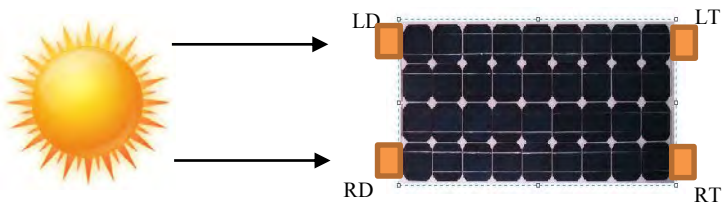
Secara keseluruhan, rangkaian sistem elektronik dari *solar tracker* berbasis arduino mega 2560 yang digambar melalui *software proteus* adalah seperti pada gambar 3.14.



Gambar 3. 13 Rangkaian keseluruhan *solar tracker* pada proteus

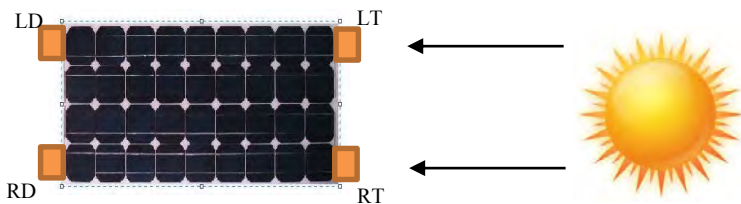
Cara kerja sistem ini adalah dengan membandingkan pembacaan nilai tegangan keempat LDR. *Solar tracker* akan menjejak intensitas cahaya matahari paling besar yang diterima masing – masing LDR. Ilustrasi pergerakan sistem ini adalah sebagai berikut.

1. Ketika matahari berada pada posisi seperti gambar 3.15 maka motor DC 1 akan berputar ke arah kiri dan motor DC 2 akan diam.



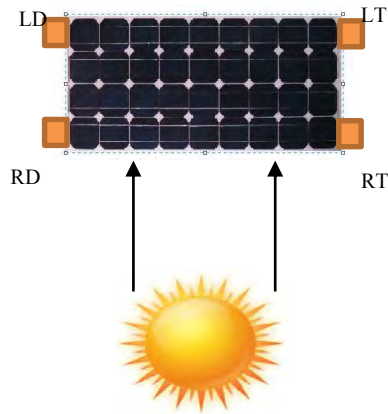
Gambar 3. 14 Posisi 1

2. Ketika matahari berada pada posisi seperti gambar 3.16 maka motor DC 1 akan berputar ke arah kanan dan motor DC 2 akan diam.



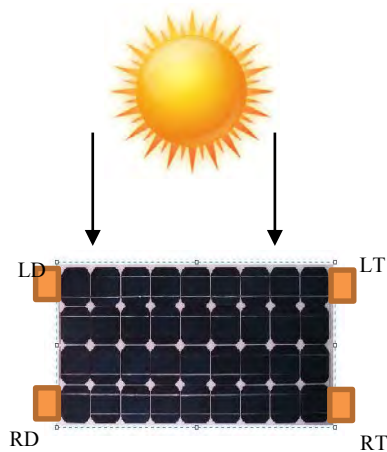
Gambar 3. 15 Posisi 2

3. Ketika matahari berada pada posisi seperti gambar 3.17 maka motor DC 1 akan bergerak ke kanan dan motor DC 2 akan berputar ke kanan.



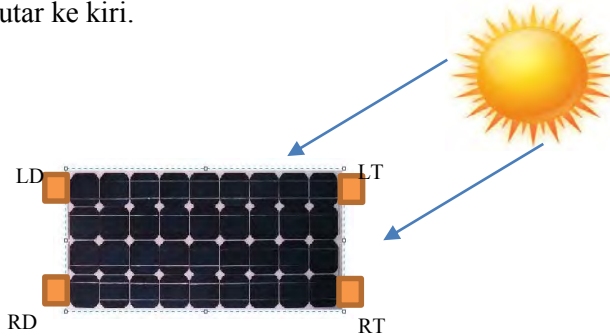
Gambar 3. 16 Posisi 3

4. Ketika matahari berada pada posisi seperti gambar 3.18 maka motor DC 1 akan bergerak ke kanan dan motor DC 2 akan berputar ke kiri.



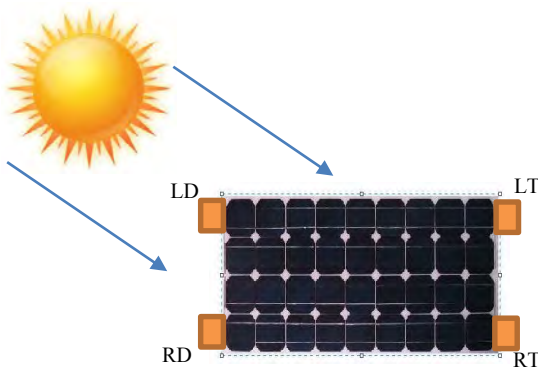
Gambar 3. 17 Posisi 4

5. Ketika matahari berada pada posisi seperti gambar 3.19 maka motor DC 1 akan bergerak ke kanan dan motor DC 2 akan berputar ke kiri.



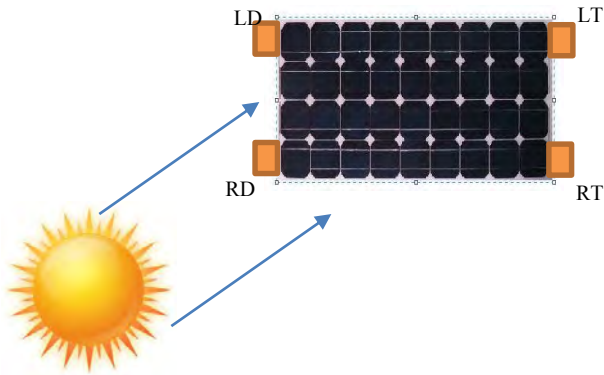
Gambar 3. 18 Posisi 5

6. Ketika matahari berada pada posisi seperti gambar 3.20 maka motor DC 1 akan bergerak ke kiri dan motor DC 2 akan berputar ke kanan.

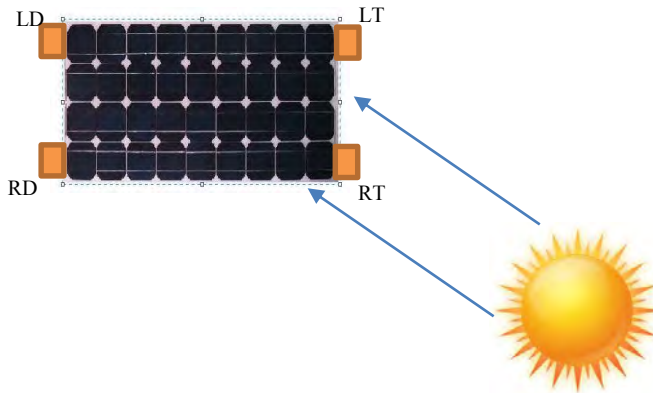


Gambar 3. 19 Posisi 6

7. Ketika matahari berada pada posisi seperti gambar 3.21 maka motor DC 1 akan bergerak ke kiri dan motor DC 2 akan berputar ke kiri.

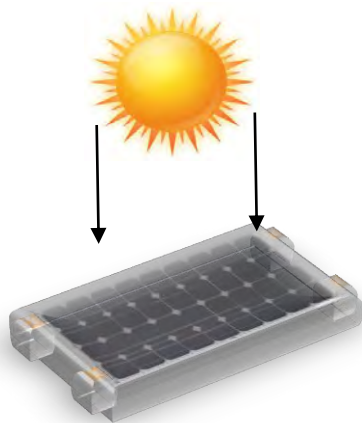


8. Ketika matahari berada pada posisi seperti gambar 3.22 maka motor DC 1 akan bergerak ke kanan dan motor DC 2 akan berputar ke kanan.



Gambar 3. 21 Posisi 8

9. Ketika matahari berada pada posisi seperti gambar 3.23 maka motor DC 1 dan motor DC 2 akan diam.



Gambar 3. 22 Posisi 9



## **BAB IV**

### **PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA DATA**

Dalam pembuatan suatu prototipe diperlukan pengujian dan analisa data untuk mengetahui kinerja dari alat yang sudah dibuat apakah sudah sesuai dengan yang direncanakan apa belum. Dengan dilakukan pengujian dapat diketahui kesesuaian alat dengan yang direncanakan dan kelemahan – kelemahan yang terjadi pada alat sehingga dapat dicari cara untuk memperbaiki atau mengembangkan ke arah yang lebih baik.

Prototipe *solar tracker* ini secara umum terdiri dari dua sistem, yaitu sistem elektronik dan sistem mekanik. Sistem elektronik sendiri terdapat empat sistem pendukung, yaitu *power supply*, *driver motor DC*, sensor LDR dengan *wheatstone bridge*, dan pengondisian sinyal. Sebelum dilakukan penyambungan keseluruhan sistem pendukung sistem elektronik, masing - masing sistem pendukung tersebut dilakukan pengujian. Selain keempat sistem pendukung tersebut, juga dilakukan pengujian terhadap *solar panel* statis dan *solar panel* dengan *tracking system*.

#### **4.1 Pengujian Arduino Mega 2560**

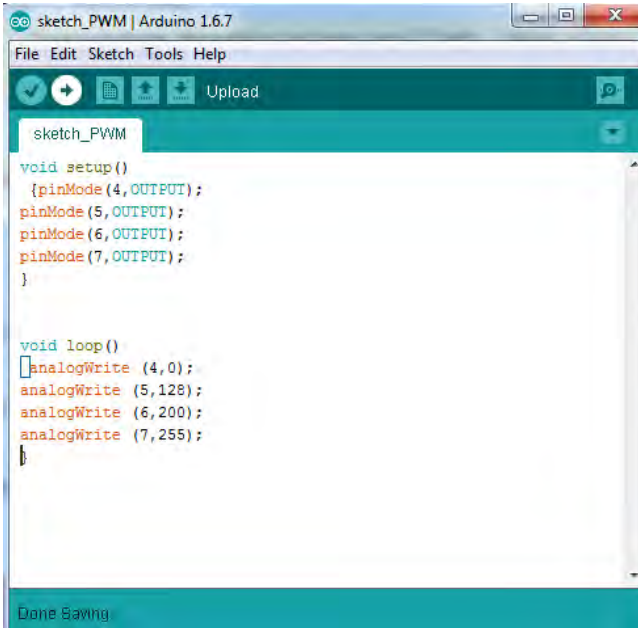
Arduino Mega 2560 pada tugas akhir ini digunakan sebagai *interface* dan pengakuisisi data. Untuk dapat mengakuisisi data dari sensor LDR dan melakukan perintah ke driver motor DC diperlukan fungsi – fungsi *input* dan *output* pada arduino.

Pengujian terhadap arduino mega 2560 ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dengan kondisi PWM 0-255 pada pin output arduino. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan +5Volt dari *adaptor* dan memprogram arduino mega 2560 agar bisa diukur tegangan pada tiap pin *output* menggunakan *voltmeter*. *Sketch IDE* Arduino yang digunakan seperti pada gambar 4.1.

Dari tabel 4.1 di bawah bisa diketahui bahwa tegangan PWM dapat dikeluarkan melalui pin *output* dan besar tegangan



PWM-nya tergantung dari nilai PWM yang diinputkan pada program *sketch* IDE arduino. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa PWM pada arduino dapat bekerja dengan baik.



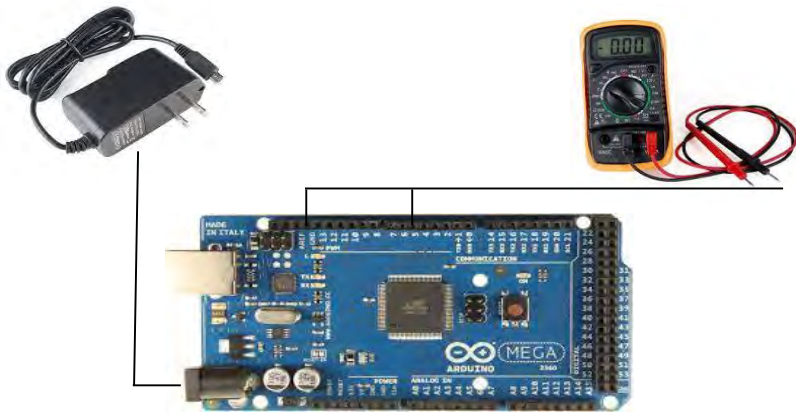
**Gambar 4. 1** Sketch IDE Arduino untuk pengujian PWM

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Tegangan PWM

Duty Cycle	Tegangan PWM
0 %	0 V
50,1 %	2,51 V
78.4 %	3,92 V
100 %	5,00 V

*Duty cycle* adalah prosentase interval pulsa HIGH dalam satu periode. Dengan menggunakan persamaan 4.1, didapatkan nilai *duty cycle*.

$$D = \frac{\text{nilai yang diinginkan}}{255} \times 100\%$$



**Gambar 4. 2** Rangkaian pengukuran PWM Arduino Mega 2560

## 4.2 Pengujian Sensor LDR

Sensor LDR dalam sistem elektronik berfungsi sebagai input yang berupa hambatan. Nilai hambatan ini nanti yang akan diproses pada program untuk menentukan pergerakan pada motor. Pengujian sensor LDR ini dilakukan pada sensor LDR yang telah dirangkai dalam bentuk *wheatstone bridge*. Dengan memberi penerangan cahaya dan tegangan +9V pada rangkaian sensor LDR maka akan dapat diukur berapa tegangan yang dihasilkan dari penggunaan sensor LDR. Pengujian sensor LDR menggunakan sumber cahaya dari lampu *flash handphone asus zent 5* dengan variasi jarak antara lampu dan sensor LDR.

**Tabel 4. 2** Hasil Pengujian Tahanan Sensor LDR

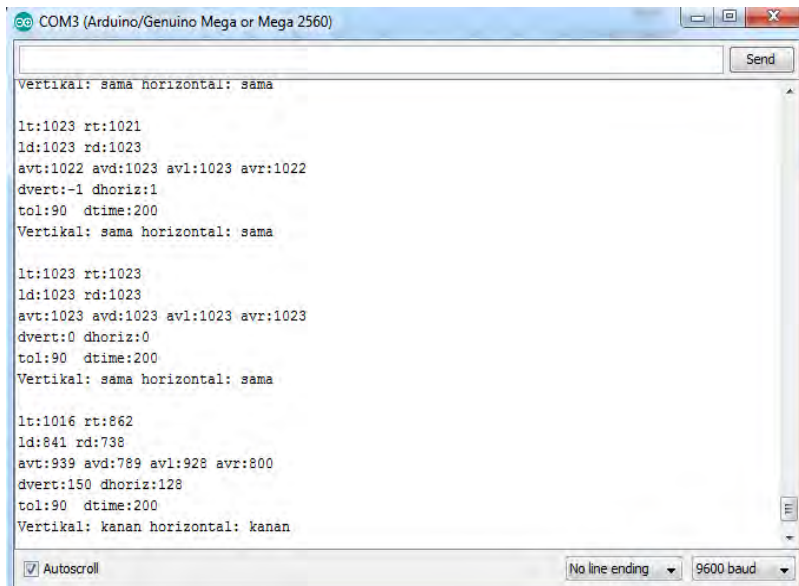
V in (V)	Jarak (cm)	Lux	Hambatan (Ohm)	V out (V)
9	45	50,0	12,32	4,37
9	40	56,7	11,25	4.17
9	35	73,3	9,8	4.07
9	30	86,7	9,3	4,00
9	25	96,7	7,93	3,88
9	20	130,0	7,52	3.39
9	15	165,0	6,98	2,21
9	10	180,0	5.88	1,78
9	5	220,0	5.53	1,56
V in (V)	Jarak (cm)	Lux	Hambatan (Ohm)	V out (V)
9	Tidak ada penerangan	-	387	4,41

Dari hasil pengujian terlihat bahwa semakin jauh jarak antara sensor LDR dengan sumber cahaya maka tahanan yang terukur akan semakin besar. Dan semakin dekat sensor LDR dengan sumber cahaya maka tegangan dihasilkan akan semakin kecil.

### 4.3 Pengujian Solar Tracker

Pengujian ini dilakukan setelah semua sistem, baik sistem elektronik dan sistem mekanik selesai dan digabungkan menjadi satu sistem *solar tracker*. Pengujian pertama adalah menguji pergerakan dari motor terhadap kepekaan sensor akibat pengaruh intensitas cahaya yang diterima. Pengujian kedua yang dilakukan adalah mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan solar panel yang sudah menggunakan *tracking system*. Dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan solar panel, maka daya yang dihasilkan juga dapat dihitung. Pengujian pertama yaitu dengan memberikan cahaya terhadap rangkaian sensor LDR dan pengondisi sinyal yang kemudian hasilnya dapat dilihat di serial monitor pada layar IDE Arduino.

Untuk menggerakkan motor vertikal ke kanan maka sumber cahaya diberikan pada sensor LDR bagian *right top* dan *left top*. Agar motor vertikal bergerak ke kiri maka sensor LDR bagian *right down* dan *left down*. Kemudian untuk menggerakkan motor horizontal ke kiri, sumber cahaya dikenakan pada sensor bagian



**Gambar 4.3** Tampilan Serial Monitor IDE Arduino

*right top* dan *right down* dan jika akan memutar motor horizontal ke kanan maka sumber cahaya dikenakan pada sensor bagian *left top* dan *left down*. Tampilan dari serial monitor IDE arduino seperti pada gambar 4.3.

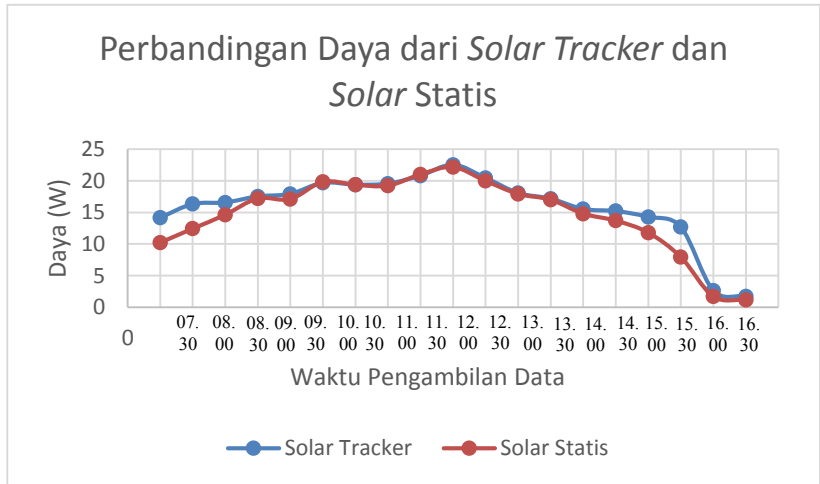
Pengujian berikutnya adalah untuk mengetahui tegangan dan arus sehingga dapat dihitung daya yang dihasilkan oleh *solar tracker*. Pengujian yang dilakukan adalah dengan membandingkan daya yang dihasilkan dari panel surya yang menggunakan *solar tracker system* dengan solar panel statis. Pengujian solar tracker dilakukan sebanyak lima kali yang dilakukan di depan ruang praktikum laboratorium MMS dan lantai JTSP. Data yang diperoleh ditampilkan pada tabel 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, dan tabel 4.7 di bawah ini.

#### 4.3.1 Pengujian ke-1

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Pertama

Jam	<i>Tracker</i>			<i>Static</i>		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
07.30	19.15	0.74	14.17	18.57	0.55	10.21
08.00	19.21	0.85	16.33	18.84	0.66	12.43
08.30	19.28	0.86	16.58	18.28	0.80	14.62
09.00	19.49	0.90	17.54	19.78	0.87	17.21
09.30	19.29	0.93	17.94	19.22	0.89	17.11
10.00	19.31	1.02	19.70	19.63	1.01	19.83
10.30	19.40	1.00	19.40	19.18	1.01	19.37
11.00	19.57	1.00	19.57	19.42	0.99	19.23
11.30	19.65	1.06	20.83	19.11	1.10	21.02
12.00	19.62	1.15	22.56	19.29	1.15	22.18
12.30	19.69	1.04	20.48	19.61	1.02	20.00

Jam	Tracker			Static		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
13.00	19.65	0.92	18.08	19.28	0.93	17.93
13.30	19.53	0.88	17.19	19.33	0.88	17.01
14.00	19.42	0.80	15.54	18.98	0.78	14.80
14.30	19.27	0.79	15.22	18.51	0.74	13.70
15.00	19.33	0.74	14.30	19.04	0.62	11.80
15.30	19.22	0.66	12.69	18.91	0.42	7.94
16.00	17.52	0.15	2.63	17.03	0.10	1.70
16.30	17.14	0.10	1.71	16.48	0.07	1.15
	Daya rata-rata		15.92	Daya rata-rata		14.70



**Gambar 4. 4** Grafik Hasil Pengujian Pertama

Tabel 4.3 dan gambar 4.4 di atas menyajikan data daya yang dihasilkan dari panel surya baik menggunakan *solar tracking*

*system* dan statis. Data pada tabel 4.3 dan grafik 4.1 di dapat dari pengujian alat di depan Laboratorium Sistem (MMS) pada hari Kamis, 23 Juni 2016. Dari tabel dan grafik di atas dapat dibandingkan daya yang dihasilkan kedua panel surya. Dengan selisih daya yang dihasilkan kedua panel, dapat kita hitung peningkatan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan *solar tracking system*. Peningkatan daya panel surya dapat dihitung seperti berikut.

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Static}}{\text{Daya Solar Static}}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{15.92 - 14.70}{14.70}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{1.22}{14.70}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = 0.083$$

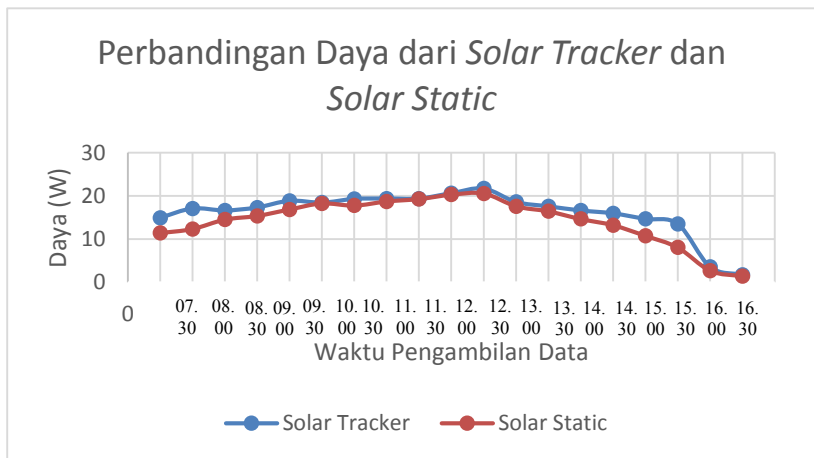
$$\text{Peningkatan Daya} = 8.3\%$$

#### 4.3.2 Pengujian ke-2

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Kedua

Jam	Tracker			Statis		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
07.30	19.13	0.78	14.92	19.01	0.6	11.41
08.00	19.62	0.87	17.07	19.58	0.63	12.34
08.30	19.79	0.84	16.62	19.62	0.74	14.52
09.00	19.89	0.87	17.30	19.7	0.78	15.37
09.30	19.65	0.96	18.86	19.61	0.86	16.86
10.00	19.6	0.94	18.42	19.63	0.93	18.26
10.30	19.88	0.97	19.28	19.73	0.9	17.76

Jam	Tracker			Statis		
	V (V)	I (A)		V (V)	I (A)	
11.00	19.78	0.98	19.38	19.69	0.95	18.71
11.30	19.77	0.98	19.37	19.66	0.98	19.27
12.00	19.81	1.04	20.60	19.68	1.03	20.27
12.30	19.89	1.09	21.68	19.77	1.04	20.56
13.00	19.77	0.94	18.58	19.76	0.89	17.59
13.30	19.09	0.92	17.56	19.78	0.83	16.42
14.00	19.09	0.87	16.61	19.8	0.74	14.65
14.30	18.98	0.84	15.94	18.87	0.7	13.21
15.00	18.78	0.78	14.65	18.55	0.58	10.76
15.30	18.21	0.74	13.48	17.88	0.45	8.05
16.00	17.68	0.2	3.54	18.02	0.15	2.70
16.30	17.23	0.1	1.72	17.63	0.08	1.41
Daya rata-rata			16.08	Daya rata-rata		14.22



**Gambar 4. 5** Grafik Hasil Pengujian Kedua



Tabel 4.4 dan gambar 4.5 di atas menyajikan data daya yang dihasilkan dari panel surya baik menggunakan *solar tracking system* dan statis. Data pada tabel 4.4 dan grafik 4.2 didapat dari pengujian alat di depan Laboratorium Sistem (MMS) pada hari Jumat, 24 Juni 2016. Dari tabel dan grafik di atas dapat dibandingkan daya yang dihasilkan kedua panel surya. Dengan selisih daya yang dihasilkan kedua panel, dapat kita hitung peningkatan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan *solar tracking system*. Peningkatan daya panel surya dapat dihitung seperti berikut

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Static}}{\text{Daya Solar Static}}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{16.08 - 14.22}{14.22}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{1.86}{14.22}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = 0.131$$

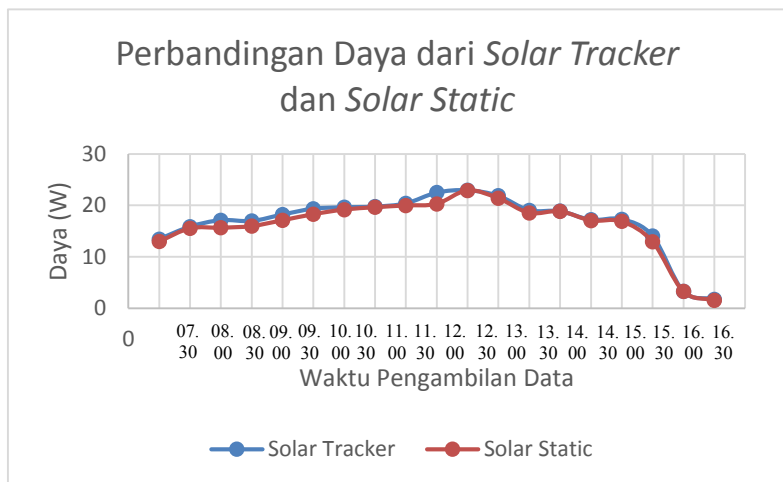
$$\text{Peningkatan Daya} = 13.1\%$$

#### 4.3.3 Pengujian ke-3

**Tabel 4.5** Hasil Pengujian Ketiga

Jam	Tracker			Static		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
07.30	19.2	0.7	13.44	19.07	0.68	12.97
08.00	19.33	0.82	15.85	19.41	0.8	15.53
08.30	19.45	0.88	17.12	18.86	0.83	15.65
09.00	19.27	0.88	16.96	19.23	0.83	15.96
09.30	19.38	0.94	18.22	18.99	0.9	17.09
10.00	19.74	0.98	19.35	19.44	0.94	18.27

Jam	Tracker			Static		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)
10.30	19.63	1	19.63	19.56	0.98	19.17
11.00	19.76	1	19.76	19.62	1	19.62
11.30	19.98	1.02	20.38	19.97	1	19.97
12.00	19.89	1.13	22.48	19.88	1.02	20.28
12.30	19.95	1.15	22.94	19.91	1.15	22.90
13.00	19.87	1.1	21.86	19.61	1.09	21.37
13.30	19.24	0.99	19.05	19.3	0.96	18.53
14.00	19.67	0.96	18.88	19.42	0.97	18.84
14.30	19.31	0.89	17.19	19.37	0.88	17.05
15.00	19.22	0.9	17.30	19.18	0.88	16.88
15.30	18.99	0.74	14.05	18.74	0.69	12.93
16.00	18.23	0.18	3.28	18.21	0.18	3.28
16.30	17.43	0.1	1.74	17.37	0.09	1.56
	Daya rata-rata		16.81	Daya rata-rata		16.20



**Gambar 4. 6** Grafik Hasil Pengujian Ketiga

Tabel 4.5 dan gambar 4.6 di atas menyajikan data daya yang dihasilkan dari panel surya baik menggunakan *solar tracking system* dan statis. Data pada tabel 4.5 dan grafik 4.3 di dapat dari pengujian alat di lantai tiga Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, sebelah barat Laboratorium MEAS pada hari Sabtu, 25 Juni 2016. Dari tabel dan grafik di atas dapat dibandingkan daya yang dihasilkan kedua panel surya. Dengan selisih daya yang dihasilkan kedua panel, dapat kita hitung peningkatan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan *solar tracking system*. Peningkatan daya panel surya dapat dihitung seperti berikut.

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Static}}{\text{Daya Solar Static}}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{16.81 - 16.20}{16.20}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{0.61}{16.20}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = 0.037$$

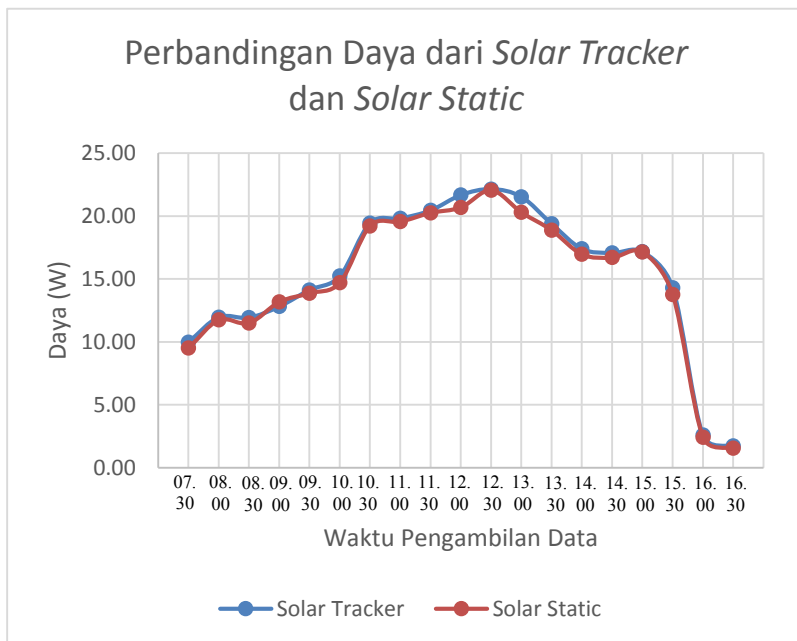
$$\text{Peningkatan Daya} = 3.7\%$$

#### 4.3.4 Pengujian ke-4

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian Keempat

Jam	Tracker			Static		
	V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (A)
07.30	19.19	0.73	14.01	19	0.71	13.49
08.00	19.29	0.83	16.01	19.24	0.82	15.78
08.30	19.23	0.83	15.96	19.15	0.81	15.51
09.00	19.41	0.87	16.89	19.37	0.89	17.24
09.30	19.35	0.94	18.19	19.26	0.93	17.91
10.00	19.77	0.98	19.37	19.6	0.96	18.82

Jam	Tracker			Static		
	V (V)	I (A)	P(W)	V (V)	I (A)	P(W)
10.30	19.84	0.98	19.44	19.81	0.97	19.22
11.00	19.81	1	19.81	19.75	0.99	19.55
11.30	19.85	1.03	20.45	19.86	1.02	20.26
12.00	19.88	1.09	21.67	19.89	1.04	20.69
12.30	19.77	1.12	22.14	19.87	1.11	22.06
13.00	19.57	1.1	21.53	19.52	1.04	20.30
13.30	19.38	1.0	19.38	19.46	0.97	18.88
14.00	19.32	0.9	17.39	19.27	0.88	16.96
14.30	18.96	0.9	17.06	18.98	0.88	16.70
15.00	19.28	0.89	17.16	19.26	0.89	17.14
15.30	19.86	0.72	14.30	19.66	0.7	13.76
16.00	17.2	0.15	2.58	17.26	0.14	2.42
16.30	17.14	0.1	1.71	17.08	0.09	1.54
	Daya rata-rata		16.54	Daya rata-rata		16.26



**Gambar 4. 7** Grafik Hasil Pengujian Keempat

Tabel 4.6 dan gambar 4.7 di atas menyajikan data daya yang dihasilkan dari panel surya baik menggunakan *solar tracking system* dan statis. Data pada tabel 4.6 dan grafik 4.4 di dapat dari pengujian alat di lantai tiga Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, sebelah barat Laboratorium MEAS pada hari Minggu, 26 Juni 2016. Dari tabel dan grafik di atas dapat dibandingkan daya yang dihasilkan kedua panel surya. Dengan selisih daya yang dihasilkan kedua panel, dapat kita hitung peningkatan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan *solar tracking system*. Peningkatan daya panel surya dapat dihitung seperti berikut.

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Static}}{\text{Daya Solar Static}}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{16.54 - 16.26}{16.26}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{0.28}{16.26}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = 0.017$$

$$\text{Peningkatan Daya} = 1.7\%$$

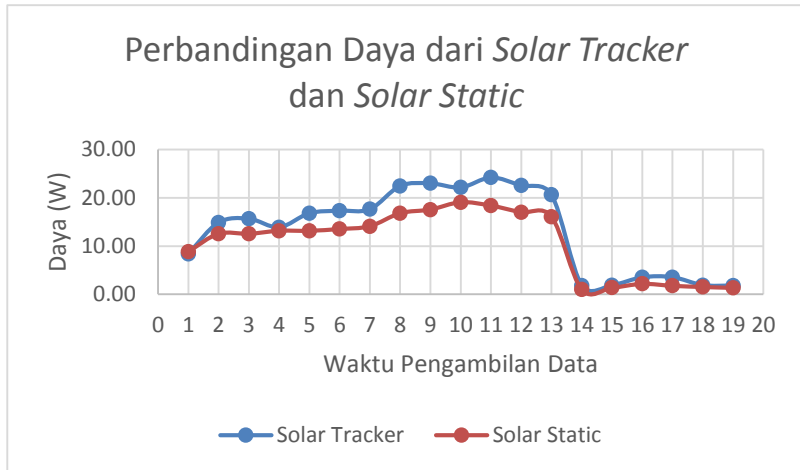
#### 4.3.5 Pengujian ke-5

Pada pengujian ke-5 ini dilakukan di lantai tiga Jurusan Teknik Sistem Perkaplaan FTK ITS pada hari Senin 19 Juli 2016. Terdapat perbedaan perlakuan pada pengujian ke-5 ini dibandingkan dengan keempat pengujian sebelumnya, yaitu terdapat pengukuran besar intensitas cahaya matahari menggunakan alat bernama solarimeter. Hasil pengujian ke-5 ini adalah seperti tabel 4.7 berikut.

**Tabel 4. 7** Hasil Pengujian Kelima

Jam	Tracker				Static			
	Intensitas Cahaya	V (V)	I (A)	P (W)	Intensitas Cahaya	V (V)	I (A)	P (W)
07.30	773.20	17.90	0.47	8.41	634.40	17.40	0.51	8.87
08.00	812.30	18.60	0.80	14.88	798.30	18.20	0.69	12.56
08.30	903.40	18.90	0.83	15.69	812.30	18.20	0.69	12.56
09.00	1031.00	18.30	0.76	13.91	833.80	18.30	0.72	13.18
09.30	993.20	18.90	0.89	16.82	882.50	18.30	0.72	13.18
10.00	340.30	19.50	0.89	17.36	269.00	18.30	0.74	13.54
10.30	368.20	19.40	0.91	17.65	279.00	18.10	0.78	14.12
11.00	1121.00	19.90	1.13	22.49	882.50	18.90	0.89	16.82
11.30	1143.00	20.20	1.14	23.03	904.20	19.30	0.91	17.56
12.00	1093.00	19.80	1.12	22.18	928.70	18.90	1.01	19.09

Jam	Tracker				Static				
	Intensitas Cahaya	V (V)	I (A)	P (W)	Intensitas Cahaya	V (V)	I (A)	P (W)	
12.30	1189.00	19.70	1.23	24.23	1021.00	18.20	1.01	18.38	
13.00	1177.00	19.80	1.14	22.57	922.20	18.30	0.93	17.02	
13.30	340.30	19.50	1.06	20.67	269.00	18.30	0.88	16.10	
14.00	79.20	18.46	0.10	1.85	44.40	16.96	0.06	1.02	
14.30	89.10	18.77	0.10	1.88	66.30	17.34	0.08	1.39	
15.00	156.90	19.56	0.18	3.52	116.10	18.23	0.12	2.19	
15.30	257.40	19.73	0.18	3.55	113.40	17.85	0.10	1.79	
16.00	595.20	18.93	0.10	1.89	83.76	17.10	0.09	1.54	
16.30	336.60	17.90	0.10	1.79	78.60	17.00	0.08	1.36	
		Daya rata-rata		13.27			Daya rata-rata		10.77
		Intensitas Cahaya rata-rata		673.65			Intensitas Cahaya rata-rata		523.13



**Gambar 4. 8** Grafik Hasil Pengujian Kelima

Dari tabel 4.7 dan gambar 4.8 dapat diketahui selisih daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan sistem *solar tracker* dan panel sruya statis. Daya rata – rata yang dihasilkan oleh *solar tracker* sebesar 13.27 Watt dan panel surya statis menghasilkan daya rata-rata sebesar 10.77 Watt. Dari data yang didapatkan maka bisa dihitung peningkatan daya dari panel surya dengan menerapkan

$$Peningkatan\ Daya = \frac{Daya\ Solar\ Tracker - Daya\ Solar\ Static}{Daya\ Solar\ Static}$$

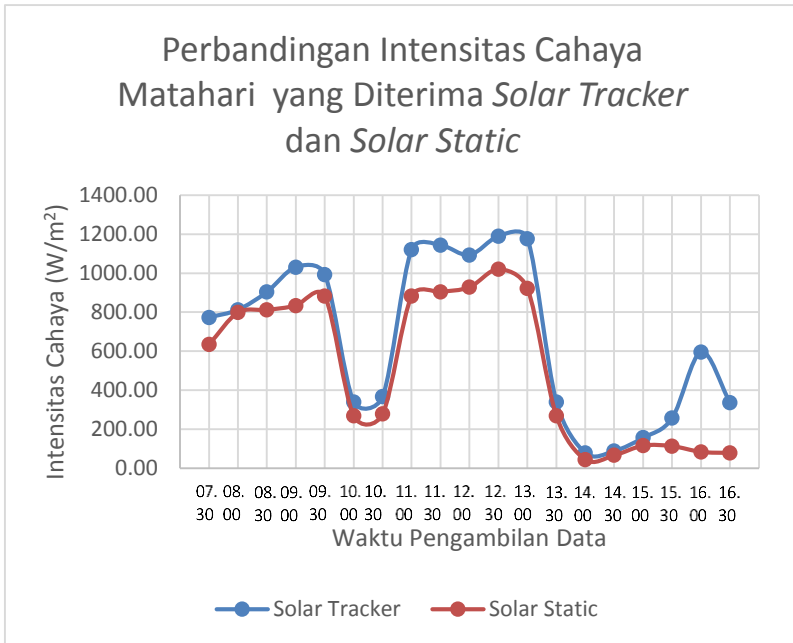
$$Peningkatan\ Daya = \frac{13.27 - 10.77}{10.77}$$

$$Peningkatan\ Daya = \frac{0.25}{10.77}$$

$$Peningkatan\ Daya = 0.232$$



$$\text{Peningkatan Daya} = 23.2\%$$



**Gambar 4. 9** Grafik Perbandingan Intensitas Cahaya Matahari yang Diterima Kedua Panel

Kemudian dari tabel 4.7 dan gambar 4.9 juga dapat diketahui perbedaan dari intensitas cahaya matahari yang diterima oleh kedua panel surya. Pada *solar tracker*, intensitas cahaya matahari tertinggi yang diterima adalah  $1189 \text{ W/m}^2$  dengan rata-rata intensitas yang diterima sebesar  $673.65 \text{ W/m}^2$ . Sedangkan pada panel statis intensitas tertinggi mencapai  $1021 \text{ W/m}^2$  dengan rata-rata intensitas cahaya yang diterima sebesar  $523.13 \text{ W/m}^2$ . Sehingga dapat dihitung peningkatan intensitas cahaya yang diterima sebesar 28.8% dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Peningkatan Lux} = \frac{\text{Lux Solar Tracker} - \text{Lux Solar Static}}{\text{Lux Solar Static}}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{629.54 - 505.50}{505.50}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{150.52}{523.13}$$

$$\text{Peningkatan Daya} = 0.282$$

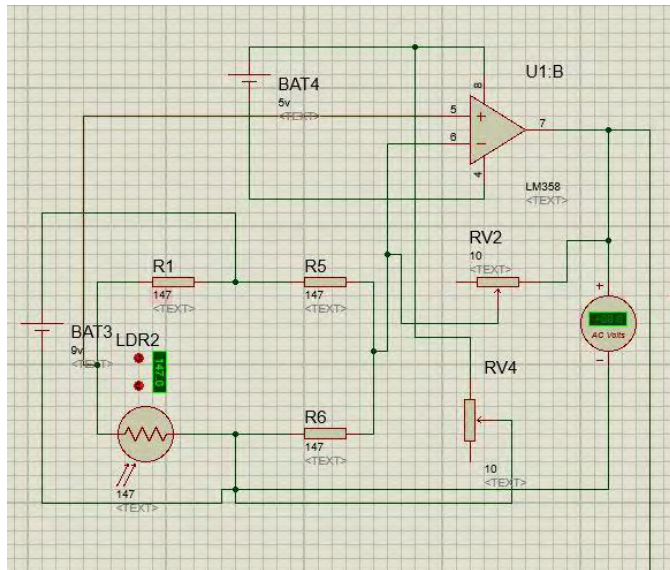
$$\text{Peningkatan Daya} = 28.2\%$$

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*



# LAMPIRAN 1

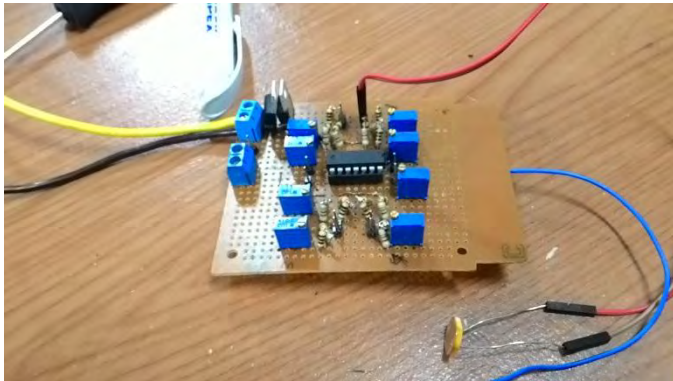
## 1. Rangkaian Sensor LDR dan Pengondisi Sinyal Digambar di Proteus



Komponen yang digunakan adalah :

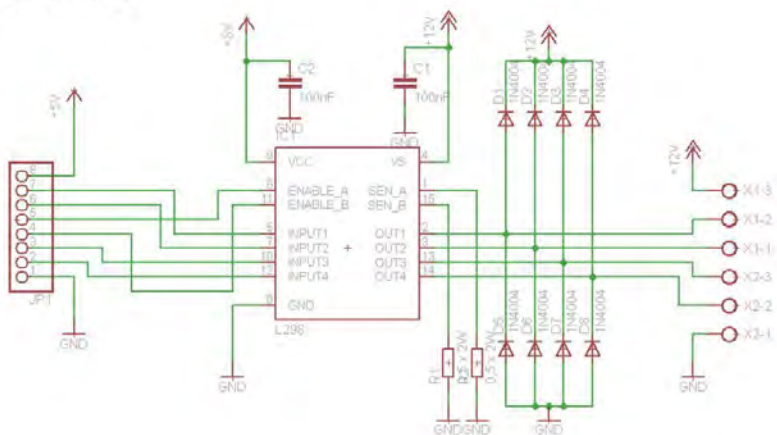
- Resistor 147 Ohm
- LDR
- Multitone 1 k
- IC LM324

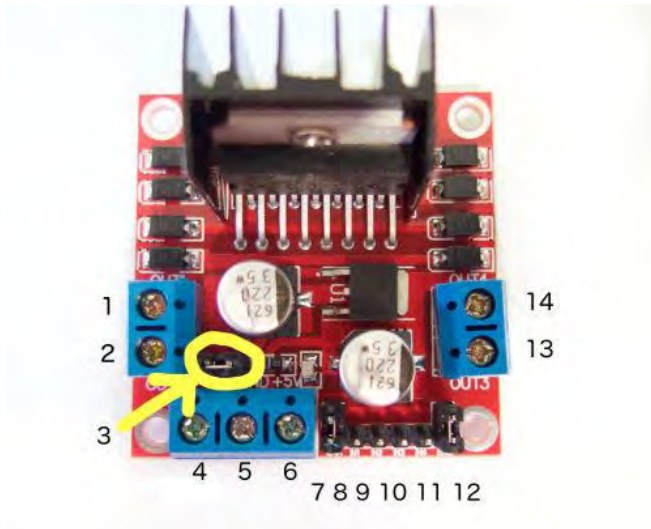
## 2. Modul Sensor LDR dan Pengondisi Sinyal



## 3. Schematic Driver Motor DC

### Schematic





*Consider the image – match the numbers against the list below the image:*

1. DC motor 1 "+" or stepper motor A+
2. DC motor 1 "-" or stepper motor A-
3. 12V jumper – remove this if using a supply voltage greater than 12V DC. This enables power to the onboard 5V regulator
4. Connect your motor supply voltage here, maximum of 35V DC. Remove 12V jumper if >12V DC
5. GND
6. 5V output if 12V jumper in place, ideal for powering your Arduino (etc)
7. DC motor 1 enable jumper. Leave this in place when using a stepper motor. Connect to PWM output for DC motor speed control.
8. IN1
9. IN2
10. IN3

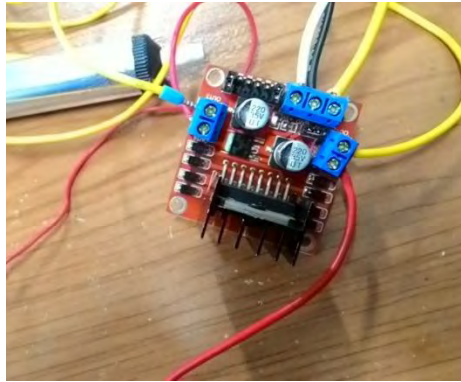
11. IN4

12. DC motor 2 enable jumper. Leave this in place when using a stepper motor. Connect to PWM output for DC motor speed control

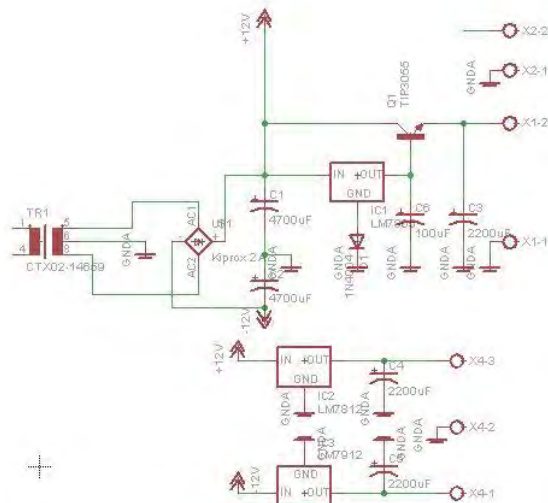
13. DC motor 2 "+" or stepper motor B+

14. DC motor 2 "-" or stepper motor B-

#### 4. Modul Driver Motor DC



#### 5. Schematic Power Supply





## 6. *Power Supply*



## 7. Datasheet LM324



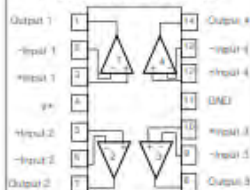
## QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

LM324

## FEATURES

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain : 100dB
- Wide power supply range : 3V–32V (or  $\pm 1.5\text{V}$ – $\pm 15\text{V}$ )
- Input common-mode voltage range includes ground
- Large output voltage swing : 0V DC to  $V_{CC}-1.5\text{V}$  DC
- Power drain suitable for battery operation

## 14 SOP/ 14 DIP PIN FUNCTION



## ORDERING INFORMATION

Device	Package
LM324D	14 SOP
LM324N	14 DIP

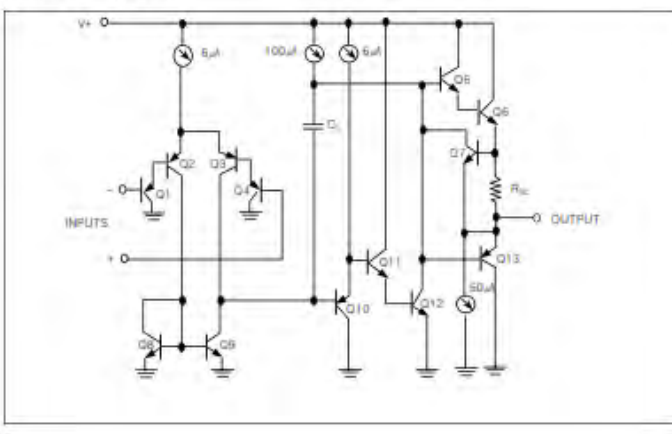
## QUAD OPERATION AMPLIFIERS

LM324 consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide voltage range.

Operation from split power supplies is also possible so long as the difference between the two supplies is 3 volts to 32 volts voltage.

Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks, and all the conventional OP amp circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.

## EQUIVALENT CIRCUIT



## QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

LM324

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

CHARACTERISTIC	SYMBOL	VALUE	UNIT
Power Supply Voltage	$V_{CC}$	$\pm 15$ (or 30)	V
Differential Input Voltage	$V_{diff}$	52	V
Input Voltage	V	-0.3 to +20	V
Output Short Circuit to GND		Continuous	
$V_{CC} \leq 15$ V, $T_A \leq 25$ °C (Dhr Amp)			
Power Dissipation	$P_D$	270	mW
Operating Temperature Range	$T_{amb}$	0 to +75	°C
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-55 to +150	°C

Electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{CC}=5$ V (unless otherwise noted)

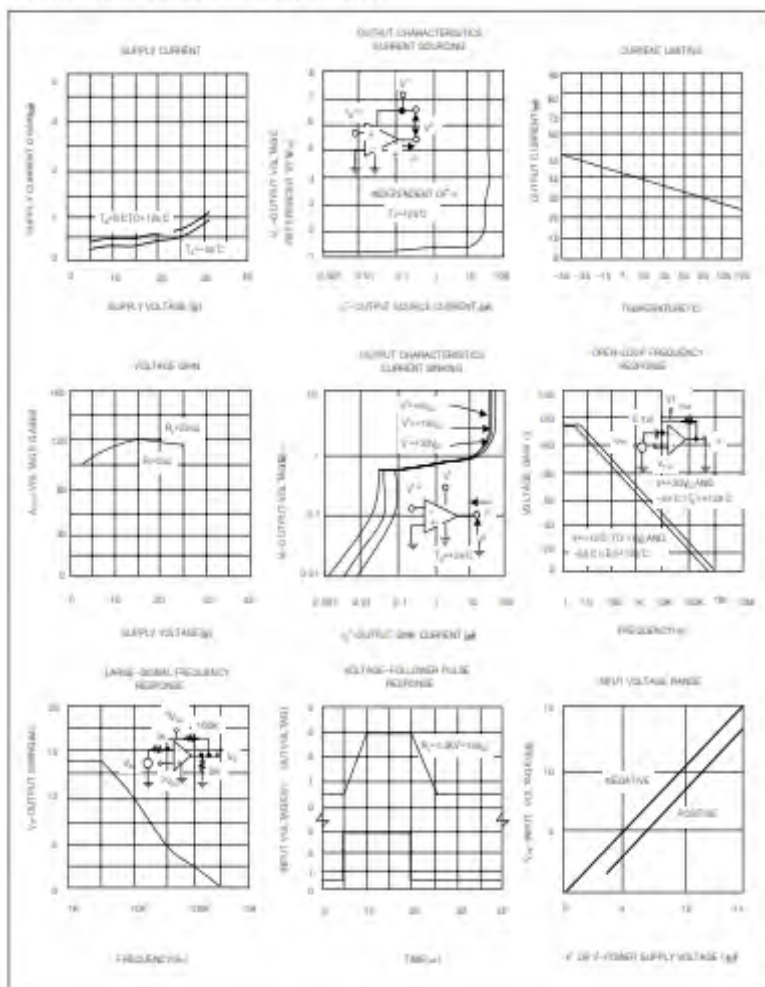
PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM324			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input Offset Voltage	$V_{CC}=5$ V to MAX, $V_{EE}=V_{CC}$ MIN, $I_{in}=1$ $\mu$ A	25 °C	3	7	mV
	Full Range			9	
$\Delta V_{IO}$ Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage	Full Range		7		$\mu$ V/°C
$I_{IO}$ Input Offset Current	$V_{CC}=1$ V	25 °C	2	50	nA
	Full Range			150	
$\Delta I_{IO}$ Average Temperature Coefficient of Input Offset Current	Full Range		10		$\mu$ A/°C
$I_{IS}$ Input Bias Currents	$V_{CC}=1$ V	25 °C	-20	-150	nA
	Full Range			-500	
$V_{CS}$ Common-Mode Input Voltage Range	$V_{CC}=5$ V to MAX	25 °C	$(V_{CC}-1)$		V
	Full Range		$(V_{CC}-4)$		
$V_{OH}$ High-Level Output Voltage	$R_L \geq 2$ k $\Omega$	25 °C	$V_{CC}-1.5$		V
	$V_{CC}=MAX$ , $R_L \leq 2$ k $\Omega$	Full Range	26		
	$V_{CC}=MAX$ , $R_L \geq 10$ k $\Omega$	Full Range	27	28	
$V_{OL}$ Low-Level Output Voltage	$R_L \geq 10$ k $\Omega$	Full Range	5	20	mV
$A_{VOL}$ Large-Signal Differential Voltage Amplification	$V_{CC}=15$ V, $V_{EE}=1$ V to -1 V, $R_L \geq 2$ k $\Omega$	25 °C	25	100	V/mV
	Full Range		15		
CMRR Common-Mode Rejection Ratio	$V_{CC}=5$ V to MAX, $\mu C=V_{ICR}$ MHz	25 °C	65	80	dB
$\rho_{PSR}$ Power Supply Voltage Rejection Ratio ( $\Delta V_{CC}/\Delta V_{IO}$ )	$V_{CC}=5$ V to MAX	25 °C	65	100	dB
$V_{B}/V_{CC}$ Crosstalk Attenuation	$f=1$ kHz to 20 kHz	25 °C		120	dB
$I_O$ Output Currents	$V_{CC}=15$ V, $V_{EE}=1$ V, $V_{IO}=0$	25 °C	-20	-30	mA
	Full Range		-10		
	$V_{CC}=15$ V, $V_{EE}=1$ V, $V_{IO}=15$ V	25 °C	10	20	
	Full Range		5		
	$V_{CC}=1$ V, $V_{EE}=200$ mV	25 °C	12	30	
$V_{OS}$ Short-Circuit Output Current	$V_{CC}=5$ V, GND at -25V, $V_{IO}=0$	25 °C	$\pm 40$	$\pm 60$	mA
	Full Range		$\pm 7$	$\pm 2$	
$I_{SC}$ Supply Current (Four Amplifiers)	$V_{CC}=MAX$ , $(V_{IO}=5$ V to -5V, $I_{IO}$ stat)	Full Range		1.1	mA
				2	

\* All characteristics are measured under open load conditions with zero common mode input voltage unless otherwise specified. CMARR  $\geq V_{CC}$  for bipolar supplies is 30V. Full range is 0°C to 70°C.

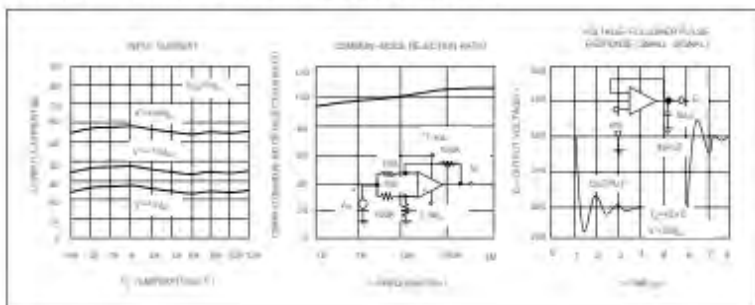
## QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

LM324

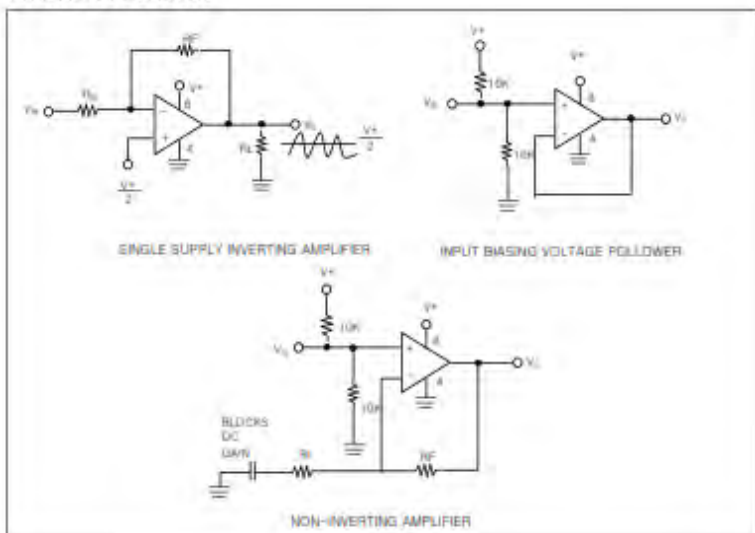
## TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



## TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (CONTINUED)



## TYPICAL APPLICATIONS



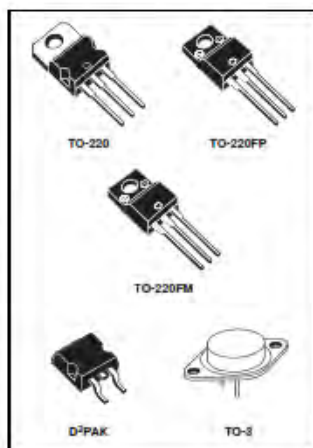
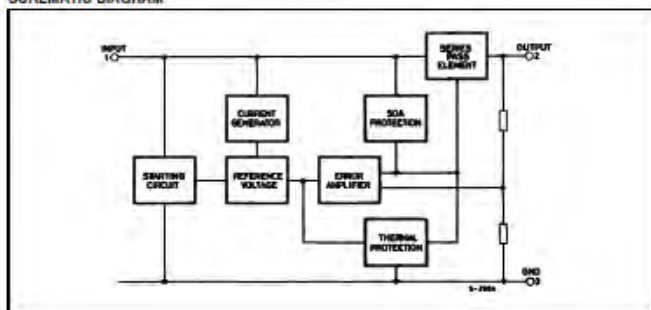
## 8. Datasheet L7809


**L7800  
SERIES**
**POSITIVE VOLTAGE REGULATORS**

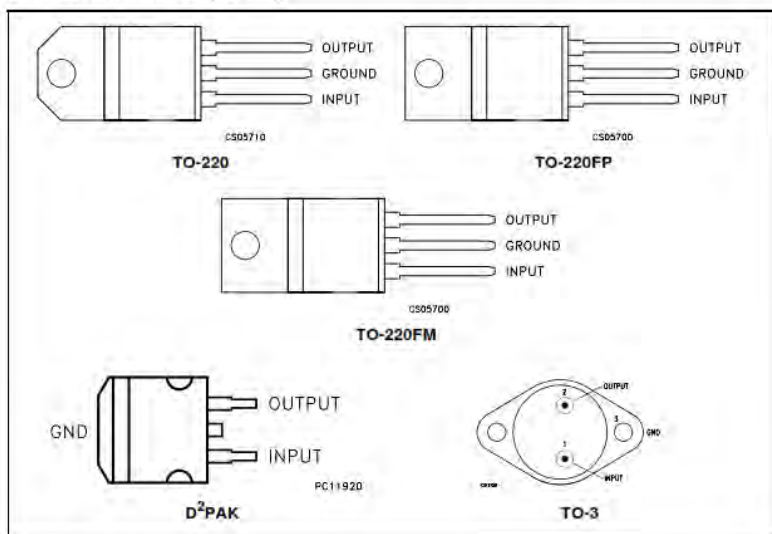
- OUTPUT CURRENT TO 1.5A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 6.2; 6.8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

**DESCRIPTION**

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220, TO-220FP, TO-220FM, TO-3 and D<sup>2</sup>PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltage and currents.

**SCHEMATIC DIAGRAM**


CONNECTION DIAGRAM (top view)

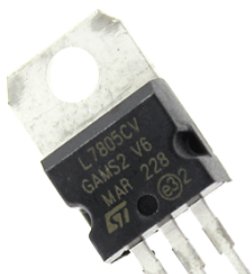


**ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF L7809C** (refer to the test circuits,  $T_J = -55$  to  $150^\circ\text{C}$ ,  $V_I = 15\text{V}$ ,  $I_O = 500\text{ mA}$ ,  $C_I = 0.33\text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_O = 0.1\text{ }\mu\text{F}$  unless otherwise specified).

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$	8.65	9	9.35	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_O \leq 15\text{ W}$ $V_I = 11.5\text{ to }26\text{ V}$	8.55	9	9.45	V
$\Delta V_O(^{\circ})$	Line Regulation	$V_I = 11.5\text{ to }26\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			180	mV
		$V_I = 12\text{ to }18\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			90	
$\Delta V_O(^{\circ})$	Load Regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			180	mV
		$I_O = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			90	
$I_d$	Quiescent Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$			8	mA
$\Delta I_d$	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$			0.5	mA
		$V_I = 11.5\text{ to }26\text{ V}$			1	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift	$I_O = 5\text{ mA}$		-1		mV/ $^\circ\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		70		$\mu\text{V}/V_O$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_I = 12\text{ to }23\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	55			dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{ A}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		2		V
$R_O$	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		17		m $\Omega$
$I_{sc}$	Short Circuit Current	$V_I = 35\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.40		A
$I_{scp}$	Short Circuit Peak Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$		2.2		A

(\*) Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

## 9. Datasheet L7805

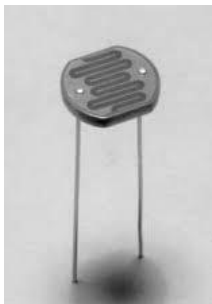


**ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF L7805C** (refer to the test circuits,  $T_J = -55$  to  $150^\circ\text{C}$ ,  $V_I = 15\text{V}$ ,  $I_O = 500\text{ mA}$ ,  $C_I = 0.33\text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_O = 0.1\text{ }\mu\text{F}$  unless otherwise specified).

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$	8.65	9	9.35	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_O \leq 15\text{ W}$ $V_I = 11.5\text{ to }26\text{ V}$	8.55	9	9.45	V
$\Delta V_O(\%)$	Line Regulation	$V_I = 11.5\text{ to }26\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_I = 12\text{ to }18\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			180 90	mV
$\Delta V_O(\%)$	Load Regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $I_O = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			180 90	mV
$I_d$	Quiescent Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$			8	mA
$\Delta I_d$	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $V_I = 11.5\text{ to }26\text{ V}$			0.5 1	mA
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift	$I_O = 5\text{ mA}$		-1		mV/ $^\circ\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		70		$\mu\text{V}/V_O$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_I = 12\text{ to }23\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	55			dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{ A}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		2		V
$R_O$	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		17		m $\Omega$
$I_{sc}$	Short Circuit Current	$V_I = 35\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.40		A
$I_{scp}$	Short Circuit Peak Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$		2.2		A

(\*) Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

## 10. Datasheet LDR





## Light Dependent Resistor - LDR

Two cadmium sulphide(cds) photoconductive cells with spectral responses similar to that of the human eye. The cell resistance falls with increasing light intensity. Applications include smoke detection, automatic lighting control, batch counting and burglar alarm systems.



### Applications

Photoconductive cells are used in many different types of circuits and applications:

#### Analog Applications

- Camera Exposure Control
- Auto Slide Focus - dual cell
- Photocopy Machines - density of toner
- Colorimetric Test Equipment
- Densitometer
- Electronic Scales - dual cell
- Automatic Gain Control – modulated light source
- Automated Rear View Mirror

#### Digital Applications

- Automatic Headlight Dimmer
- Night Light Control
- Oil Burner Flame Out
- Street Light Control
- Absence / Presence (beam breaker)
- Position Sensor

### Electrical Characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Cell resistance	1000 LUX	-	400	-	Ohm
	10 LUX	-	9	-	K Ohm
Dark Resistance	-	-	1	-	M Ohm
Dark Capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise Time	1000 LUX	-	2.8	-	ms
	10 LUX	-	16	-	ms
Fall Time	1000 LUX	-	48	-	ms
	10 LUX	-	120	-	ms
Voltage AC/DC Peak	-	-	-	320	V max
Current	-	-	-	75	mA max
Power Dissipation	-	-	-	100	mW max
Operating Temperature	-	-60	-	+75	Deg. C

### Guide to source illuminations

Light source illumination	LUX
Moonlight	0.1
60W Bulb at 1m	50
1W MES Bulb at 0.1m	100
Fluorescent Lighting	500
Bright Sunlight	30,000

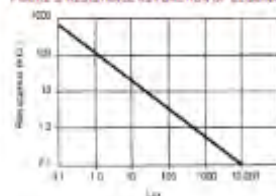
FIGURE 3 CIRCUIT SYMBOL



### Sensitivity

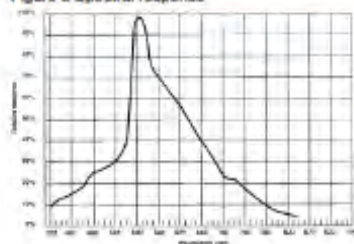
The sensitivity of a photodetector is the relationship between the light falling on the device and the resulting output signal. In the case of a photocell, one is dealing with the relationship between the incident light and the corresponding resistance of the cell.

FIGURE 3 RESISTANCE AS FUNCTION OF ILLUMINATION



### Spectral Response

Figure 3 Spectral response



Like the human eye, the relative sensitivity of a photoconductive cell is dependent on the wavelength (color) of the incident light. Each photoconductor material type has its own unique spectral response curve or plot of the relative response of the photocell versus wavelength of light.

## Dimensions

1.13 (0.04)  
.015 (0.17)

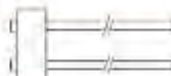
1



PLASTIC COATED TO  
PROTECT ACTIVE SURFACE

0.71 (0.70)  
LAD. 0.29

1.12 (0.35)  
100 (4.80)



1.30 (0.30)  
1.02 (0.10)

MAX 24 TINNED  
COPPER LEADS

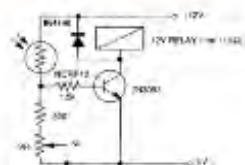
2

0.00 (0.20)  
.110 (0.70)

LEADS ON A PLASTIC COATING  
NOT CONTROLLED PER MIL-STD-883C  
OF CLEANING SUBSTRATE

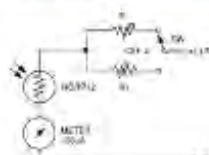
## Typical Application Circuits

Figure 5: Sensitive light operates relay



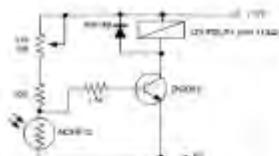
Relay is operated when light level increases above threshold set by VR.

Figure 6: Logarithmic low photographic light meter



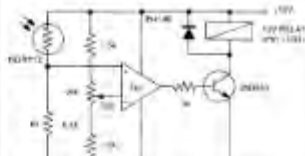
Typical value  $R = 100K\Omega$   
 $R = 300K\Omega$  for 1000 lux range  
(Calibration error) (Conversion factor) (Conversion factor)

Figure 7 Light interruption detector



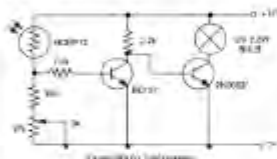
As Figure 8 readily illustrates when light level drops below the level set by  $V_{th}$ .

Figure 10. Extremely sensitive light-operated relay



Relay will close when light exceeds preset level. Incorporates a 100k relay and optocoupler.  $I_{th}$  and  $MINIPL$  may be interchanged for the desired function.

Figure 8 Automatic light circuit



## 11. Datasheet IC L298

**L298****DUAL FULL-BRIDGE DRIVER**

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 40 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

**DESCRIPTION**

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



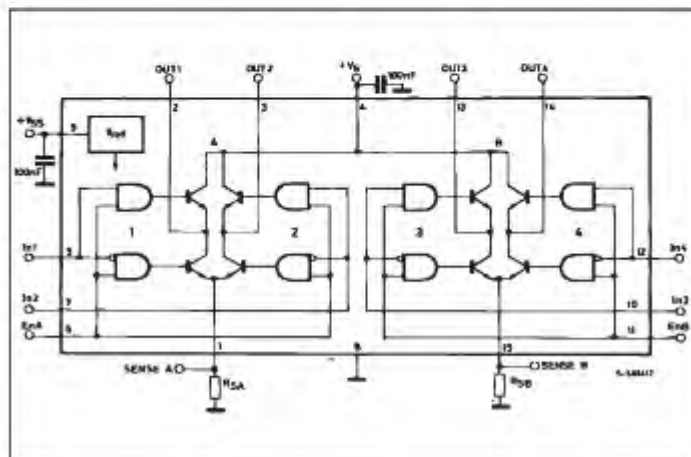
Multiwatt 15



PowerSO20

**ORDERING NUMBERS** : L298N (Multiwatt Vert.)  
L298HN (Multiwatt Horiz.)  
L298P (PowerSO20)

nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

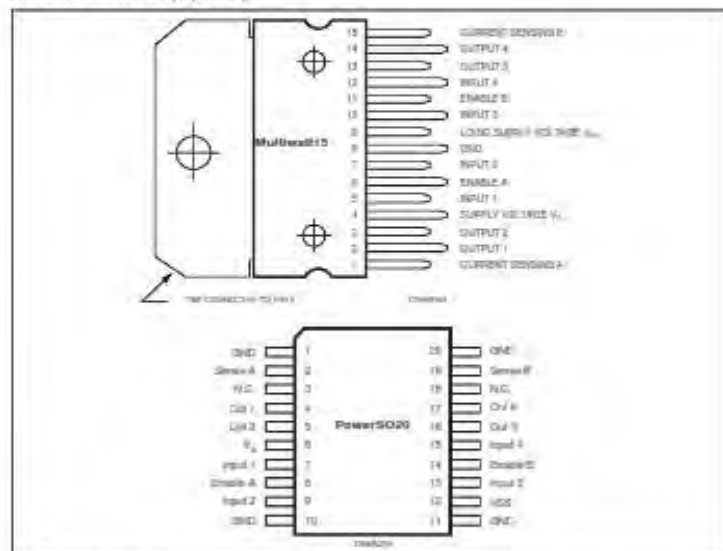
**BLOCK DIAGRAM**

## L298

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{CC}$	Power Supply	55	V
$V_{DD}$	Logic Supply Voltage	7	V
$V_{I/O}$	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
$I_O$	Peak Output Current (each Channel) - Non Repetitive ( $t \leq 100\mu s$ ) - Repetitive (100% ON, -20% OFF, $t_{ON} = 10ms$ ) - DC Operation	3 2.5 2	A
$V_{DS}$	Sensing Voltage	-1 to 23	V
$P_{TOT}$	Total Power Dissipation ( $T_{Amb} = 75^\circ C$ )	35	W
$T_{JO}$	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
$T_{STG}$	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

## PIN CONNECTIONS (top view)



## THERMAL DATA

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multichip 15	Unit
$R_{JA}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	3	$^\circ C/W$
$R_{JC}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	35	$^\circ C/W$

(\*) Mounted on aluminum substrate

## PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW-15	Power50	Name	Function
1:15	2:19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2:3	4:5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V <sub>S</sub>	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5:7	7:9	Input 1; Input 2	TTL Compatible inputs of the Bridge A.
6:11	8:14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable input: the 1 state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1, 10, 11, 20	GND	Ground.
9	12	V <sub>SS</sub>	Supply Voltage for the Logic Blocks. A 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10: 12	13:15	Input 3; Input 4	TTL Compatible inputs of the Bridge B.
13: 14	16:17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
—	3:16	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>S</sub> = 42V; V<sub>SS</sub> = 5V; T<sub>J</sub> = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V <sub>S</sub>	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V <sub>IN</sub> +2.5		45	V
V <sub>SS</sub>	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I <sub>S</sub>	Quiescent Supply Current (pin 4)	V <sub>IN</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>I</sub> = L V <sub>I</sub> = H		13 50	22 70	mA mA
I <sub>SS</sub>	Quiescent Current from V <sub>SS</sub> (pin 9)	V <sub>IN</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0 V <sub>I</sub> = L V <sub>I</sub> = H V <sub>EN</sub> = L V <sub>I</sub> = X		24 7	36 12	mA mA
V <sub>I</sub>	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		-0.3		1.5	V
V <sub>HI</sub>	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>L</sub>	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>I</sub> = L			-10	μA
I <sub>EH</sub>	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>I</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>EN</sub> = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		-0.3		1.5	V
V <sub>EN</sub> = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>EN</sub> = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>EN</sub> = L			-10	μA
I <sub>EN</sub> = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>EN</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>CEsat</sub> (H)	Source Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A I <sub>S</sub> = 2A	0.85	1.35 2	1.7 2.7	V V
V <sub>CEsat</sub> (L)	Sink Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V <sub>CEsat</sub>	Total Drop	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V <sub>SEN</sub>	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V

## L298

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$T_1$ (V)	Source Current Turn-off Delay	$0.5 V_{DD}$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		1.5		$\mu s$
$T_2$ (V)	Source Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		0.2		$\mu s$
$T_3$ (V)	Source Current Turn-on Delay	$0.5 V_{DD}$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		2		$\mu s$
$T_4$ (V)	Source Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		0.7		$\mu s$
$T_5$ (V)	Sink Current Turn-off Delay	$0.5 V_{DD}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.7		$\mu s$
$T_6$ (V)	Sink Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (3); (4)		0.25		$\mu s$
$T_7$ (V)	Sink Current Turn-on Delay	$0.5 V_{DD}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		1.6		$\mu s$
$T_8$ (V)	Sink Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.2		$\mu s$
$f_c$ (V)	Commutation Frequency	$I_L = 2A$		20	40	KHz
$T_1$ (V <sub>en</sub> )	Source Current Turn-off Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		3		$\mu s$
$T_2$ (V <sub>en</sub> )	Source Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		1		$\mu s$
$T_3$ (V <sub>en</sub> )	Source Current Turn-on Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		0.3		$\mu s$
$T_4$ (V <sub>en</sub> )	Source Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		0.4		$\mu s$
$T_5$ (V <sub>en</sub> )	Sink Current Turn-off Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		2.2		$\mu s$
$T_6$ (V <sub>en</sub> )	Sink Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (3); (4)		0.25		$\mu s$
$T_7$ (V <sub>en</sub> )	Sink Current Turn-on Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.25		$\mu s$
$T_8$ (V <sub>en</sub> )	Sink Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.1		$\mu s$

1) Switching voltage can be  $-1 V$  for  $I_L \leq 50 \mu A$  in steady state  $V_{DD} = 5V$ ,  $V_{en} = -0.5 V$ .

2) See fig. 2.

3) See fig. 4.

4) The load must be a pure inductor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

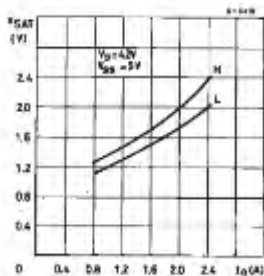
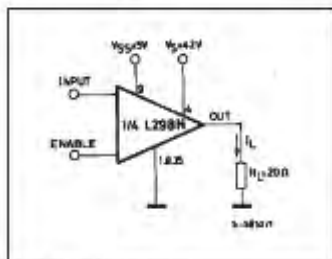


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H.  
For ENABLE Switching, set R1 = H.



Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

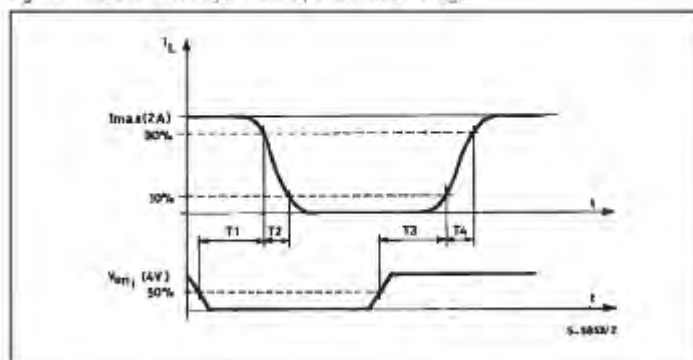
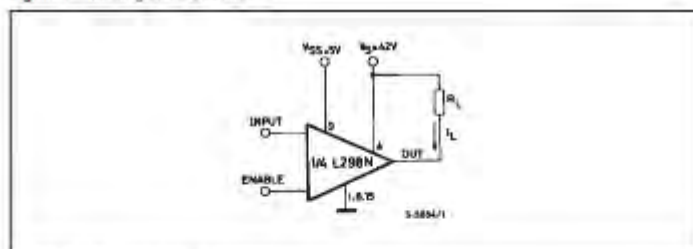


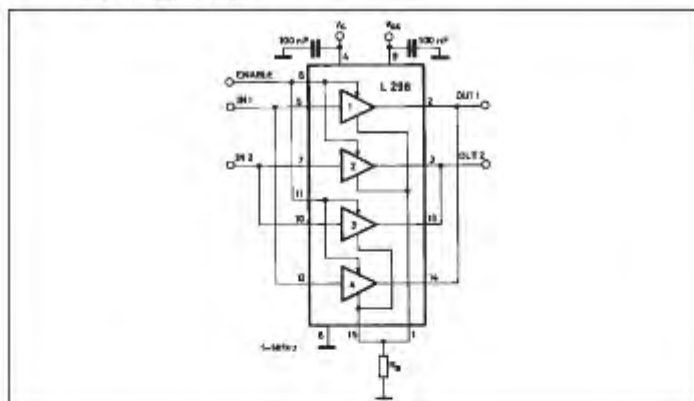
Figure 4 : Switching Times Test Circuit.



Note: The INPUT Switching test CH is 1.  
The ENABLE Switching test CH is 2.



**Figure 7 :** For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



## APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

### 1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differential mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output: an external resistor ( $R_{SA}$  ;  $R_{SB}$ ) allows to detect the intensity of this current.

### 1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are  $IN1$  ;  $IN2$  ;  $EN_A$  and  $IN3$  ;  $IN4$  ;  $EN_B$ . The  $IN$  inputs set the bridge state when the  $EN$  input is high ; a low state of the  $EN$  input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

### 2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both  $V_{CC}$  and  $V_{SS}$ , to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of  $V_S$  that must be near the GND pin of the IC.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off: Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn-Off, the Enable input must be driven to the Low state.

### 3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes D1 to D4 is made by four fast recovery elements ( $t_{rr} \leq 200$  nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig. 7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped: Schottky diodes would be preferred.

## L298

This solution can drive until 3 Amps in DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated. In this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

**Figure 8 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.**

This circuit drives bipolar-stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.

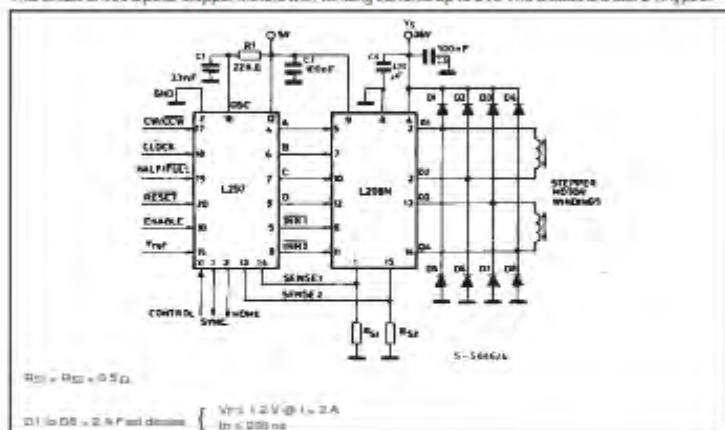


Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the IC L2950.

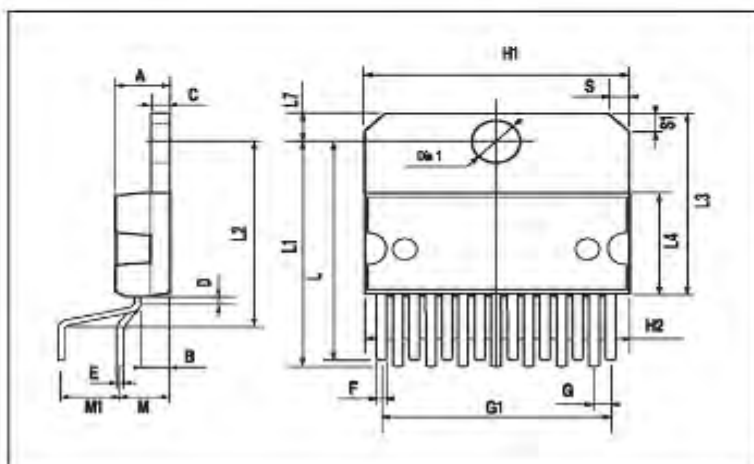


## L298

DIM.	mm.			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			0			0.127
B			2.00			0.104
C			1.0			0.050
D		1			0.039	
E	0.40		0.55	0.016		0.022
F	0.60		0.73	0.020		0.029
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.50	17.78	18.00	0.690	0.700	0.710
H1	19.0			0.772		
H2			30.2			0.795
L	21.0	22.2	22.5	0.826	0.874	0.889
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.889
L2	17.00		18.1	0.669		0.713
L3	17.25	17.3	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.00		2.5	0.104		0.114
M	4.20	4.50	4.80	0.167	0.179	0.191
M1	4.60	5.00	5.30	0.182	0.200	0.218
S	1.0		1.6	0.073		0.102
S1	1.8		2.6	0.073		0.102
Die1	3.60		3.80	0.144		0.152

OUTLINE AND  
MECHANICAL DATA

Multiwatt15 V

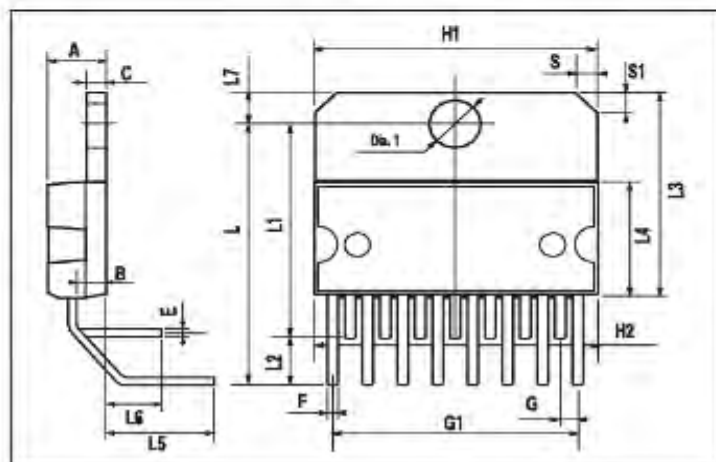


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
E	0.40		0.55	0.016		0.022
F	0.00		0.75	0.000		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.055
G1	15.37	17.78	17.91	0.605	0.700	0.710
H1	10.0			0.772		
H2			20.2			0.795
L	20.37			0.802		
L1	18.03			0.710		
L2	2.54			0.100		
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.409	0.421	0.429
L5		0.38		0.015		
L6		2.18		0.086		
L7	2.65		2.8	0.104		0.111
S	1.8		2.8	0.070		0.110
S1	1.8		2.8	0.070		0.110
Dist	2.65		0.80	0.104		0.152

# OUTLINE AND MECHANICAL DATA



Multiwatt15 H



## L298

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.0			0.142
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			3.3			0.125
a3	0		0.1	0.000		0.004
b	0.4		0.53	0.016		0.021
c	0.25		0.32	0.009		0.012
D (1)	15.8		16	0.620		0.630
D1	9.4		9.5	0.370		0.386
E	13.9		14.5	0.547		0.570
e		1.27			0.050	
E3		11.43			0.450	
E1 (1)	10.9		11.1	0.429		0.437
E2			2.0			0.114
E3	5.5		6.2	0.220		0.244
D3	0		0.1	0.000		0.004
H	15.5		15.9	0.610		0.626
h			1.1			0.043
L	0.8		1.1	0.031		0.043
N	10° (Max.)					
S	8° (Max.)					
T		10			0.394	

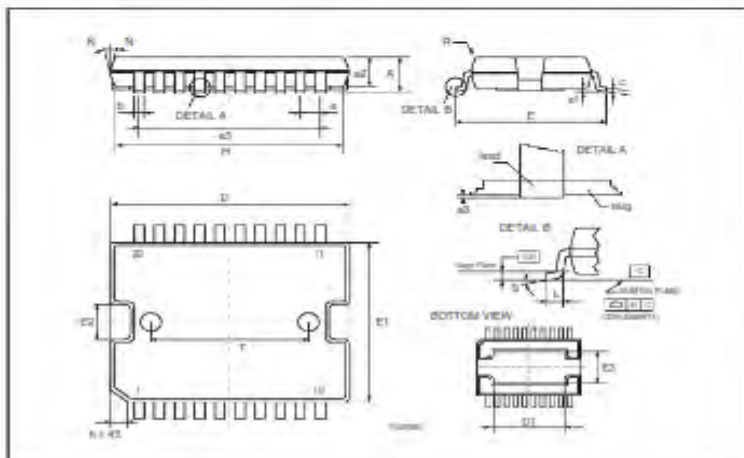
(1) "D" and "T" do not include mold flash or protrusions.  
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.005").  
 - Critical dimensions: "E1", "D3" and "a3".

## OUTLINE AND MECHANICAL DATA



JEDEC MO-166

PowerSO20





## LAMPIRAN 2

### *Sketch IDE dan Serial Monitor*

#### 1. *Sketch IDE*

```
// LDR pin connections
// name = analogpin;

int ldrl = A1; //LDR top left - BOTTOM LEFT <--- BDG
int ldrr = A0; //LDR top right - BOTTOM RIGHT
int ldrlt = A2; //LDR down left - TOP LEFT
int ldrrt = A3; //ldr down right - TOP RIGHT

int motorv1 = 6;
int motorv2 = 7;

int motorh1 = 8;
int motorh2 = 9;

int speed1 = 128;
int speed2 = 0;
int speed3 = 255;

String vertikal = "";
String horizontal = "";

int pwmv = 4;
int pwmh = 5;

const int limitswitchHkanan = 46;
```

```
const int limitswitchHkiri = 48;
const int limitswitchVkanan = 52;
const int limitswitchVkiri = 50;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(A2, INPUT);
  pinMode(A3, INPUT);

  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);

  pinMode(pwmh, OUTPUT);
  pinMode(pwmv, OUTPUT);

  analogWrite(pwmh,200);
  analogWrite(pwmv,200);

  pinMode(limitswitchHkanan, INPUT);
  pinMode(limitswitchHkiri, INPUT);
  pinMode(limitswitchVkanan, INPUT);
  pinMode(limitswitchVkiri, INPUT);
  Serial.print("LOADING");
  for(int i=0;i<5;i++){
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }
```

```
Serial.println();
}
```

```
void loop()
{
int lt = analogRead(ldrLt); // top left
int rt = analogRead(ldrRt); // top right
int ld = analogRead(ldrLd); // down left
int rd = analogRead(ldrRd); // down right
// int dtime = analogRead(4)/20; // read potentiometers
// int tol = analogRead(5)/4;
int dtime = 200; // delay time
int tol = 90; // toleransi pembacaan sensor
int avt = (lt + rt) / 2; // average value top
int avd = (ld + rd) / 2; // average value down
int avl = (lt + ld) / 2; // average value left
int avr = (rt + rd) / 2; // average value right
int dvert = avt - avd; // check the difference of up and down
int dhoriz = avl - avr; // check the difference of left and right
```

```
Serial.print("lt:"); Serial.print(lt); Serial.print(" rt:");
Serial.println(rt);
Serial.print("ld:"); Serial.print(ld); Serial.print(" rd:");
Serial.println(rd);
Serial.print("avt:"); Serial.print(avt); Serial.print(" avd:");
Serial.print(avd); Serial.print(" avl:"); Serial.print(avl);
Serial.print(" avr:"); Serial.println(avr);
Serial.print("dvert:"); Serial.print(dvert); Serial.print(" dhoriz:");
Serial.println(dhoriz);
```

```
Serial.print("tol:"); Serial.print(tol); Serial.print ('\t');
Serial.print("dtime:"); Serial.print(dtime); Serial.println(" ");
```

```
if (-1*tol > dvert || dvert > tol) // check if the difference is in the
tolerance else change vertical angle
```

```
{
if (avt > avd){VR();}
else if (avt < avd){VL();}
else if (avt == avd){VS();}
}
else{VS();}
```

```
if (-1*tol > dhoriz || dhoriz > tol) // check if the difference is in the
tolerance else change horizontal angle
```

```
{
if (avl > avr){HR();}
else if (avl < avr){HL();}
else if (avl == avr){HS();}
}
else{HS();}
```

```
Serial.println("Vertikal: "+vertikal+" horizontal: "+horizontal);
```

```
Serial.println("");
```

```
vertikal="";
```

```
horizontal="";
```

```
//delay(1000);
```

```
delay(dtime);
```

```
}
```

```

void HR(){
  if(digitalRead(limitswitchHkanan)==LOW){
    horizontal = "kanan";
    analogWrite (motorh1, speed1);
    analogWrite (motorh2, speed2);
  }
  else{
    horizontal = "berhenti";
    Serial.println("Hkanan");
    digitalWrite (motorh1, speed2);
    digitalWrite (motorh2, speed2);
  }
}

void HL(){
  if (digitalRead(limitswitchHkiri)==HIGH){
    horizontal = "berhenti";
    Serial.println("Hkiri");
    digitalWrite (motorh1, speed2);
    digitalWrite (motorh2, speed2);
  }
  else{
    horizontal = "kiri";
    analogWrite (motorh1, speed2);
    analogWrite (motorh2, speed1);
  }
}

void HS(){
  horizontal = "sama";
  analogWrite (motorh1, speed2);

```

```

    analogWrite (motorh2, speed2);
}

void VR(){
    if (digitalRead(limitswitchVkanan)==HIGH){
        vertikal = "berhenti";
        Serial.println("Vkanan");
        digitalWrite (motorv1, speed2);
        digitalWrite (motorv2, speed2);
    }
    else{
        vertikal = "kanan";
        analogWrite (motorv1, speed3);
        analogWrite (motorv2, speed2);
    }
}

void VL(){
    if(digitalRead(limitswitchVkiri)==HIGH){
        vertikal = "berhenti";
        Serial.println("Vkiri");
        digitalWrite (motorv1, speed2);
        digitalWrite (motorv2, speed2);
    }
    else{
        vertikal = "kiri";
        analogWrite (motorv1, speed2);
        analogWrite (motorv2, speed3);
    }
}
}

```

```
void VS(){  
    vertikal = "sama";  
    digitalWrite (motorv1, speed2);  
    digitalWrite (motorv2, speed2);  
}
```

## 2. Serial Monitor

lt:1023 rt:1023  
 ld:1023 rd:1023  
 avt:1023 avd:1023 avl:1023 avr:1023  
 dvert:0 dhoriz:0  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: sama horizontal: sama

lt:986 rt:844  
 ld:823 rd:743  
 avt:915 avd:783 avl:904 avr:793  
 dvert:132 dhoriz:111  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: kanan horizontal: kanan

lt:1023 rt:1023  
 ld:1023 rd:1023  
 avt:1023 avd:1023 avl:1023 avr:1023  
 dvert:0 dhoriz:0  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: sama horizontal: sama

lt:1023 rt:954  
 ld:943 rd:844  
 avt:988 avd:893 avl:983 avr:899  
 dvert:95 dhoriz:84  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: kanan horizontal: sama

lt:1023 rt:1023



ld:1023 rd:1023  
 avt:1023 avd:1023 avl:1023 avr:1023  
 dvert:0 dhoriz:0  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: sama horizontal: sama

lt:1023 rt:1023  
 ld:1023 rd:1023  
 avt:1023 avd:1023 avl:1023 avr:1023  
 dvert:0 dhoriz:0  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: sama horizontal: sama

lt:1023 rt:1023  
 ld:1023 rd:1023  
 avt:1023 avd:1023 avl:1023 avr:1023  
 dvert:0 dhoriz:0  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: sama horizontal: sama

lt:1023 rt:1023  
 ld:1023 rd:1023  
 avt:1023 avd:1023 avl:1023 avr:1023  
 dvert:0 dhoriz:0  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: sama horizontal: sama

lt:785 rt:670  
 ld:670 rd:573  
 avt:727 avd:621 avl:727 avr:621  
 dvert:106 dhoriz:106

tol:90 dtime:200

Vertikal: kanan horizontal: kanan

lt:1023 rt:1023

ld:1023 rd:1023

avt:1023 avd:1023 avl:1023 avr:1023

dvert:0 dhoriz:0

tol:90 dtime:200

Vertikal: sama horizontal: sama

lt:1006 rt:864

ld:821 rd:750

avt:935 avd:785 avl:913 avr:807

dvert:150 dhoriz:106

tol:90 dtime:200

Vertikal: kanan horizontal: kanan

lt:1023 rt:1023

ld:1023 rd:1023

avt:1023 avd:1023 avl:1023 avr:1023

dvert:0 dhoriz:0

tol:90 dtime:200

Vertikal: sama horizontal: sama

lt:537 rt:480

ld:547 rd:534

avt:508 avd:540 avl:542 avr:507

dvert:-32 dhoriz:35

tol:90 dtime:200

Vertikal: sama horizontal: sama

lt:1023 rt:1023  
 ld:1023 rd:1023  
 avt:1023 avd:1023 avl:1023 avr:1023  
 dvert:0 dhoriz:0  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: sama horizontal: sama

lt:1023 rt:942  
 ld:1023 rd:1023  
 avt:982 avd:1023 avl:1023 avr:982  
 dvert:-41 dhoriz:41  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: sama horizontal: sama

lt:1023 rt:1023  
 ld:999 rd:1023  
 avt:1023 avd:1011 avl:1011 avr:1023  
 dvert:12 dhoriz:-12  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: sama horizontal: sama

lt:537 rt:476  
 ld:540 rd:537  
 avt:506 avd:538 avl:538 avr:506  
 dvert:-32 dhoriz:32  
 tol:90 dtime:200  
 Vertikal: sama horizontal: sama

lt:1023 rt:1023  
 ld:1023 rd:1023  
 avt:1023 avd:1023 avl:1023 avr:1023

dvert:0 dhoriz:0  
tol:90 dtime:200  
Vertikal: sama horizontal: sama

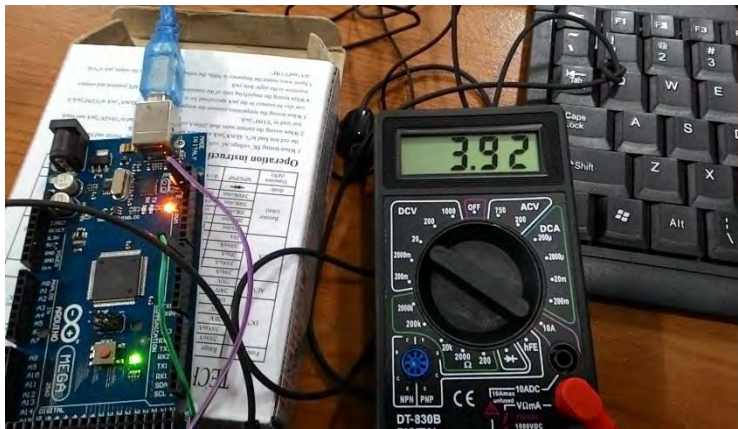
lt:1023 rt:1023  
ld:1023 rd:1023  
avt:1023 avd:1023 avl:1023 avr:1023  
dvert:0 dhoriz:0  
tol:90 dtime:200  
Vertikal: sama horizontal: sama

lt:1023 rt:1023  
ld:1017 rd:1023  
avt:1023 avd:1020 avl:1020 avr:1023  
dvert:3 dhoriz:-3  
tol:90 dtime:200  
Vertikal: sama horizontal: sama

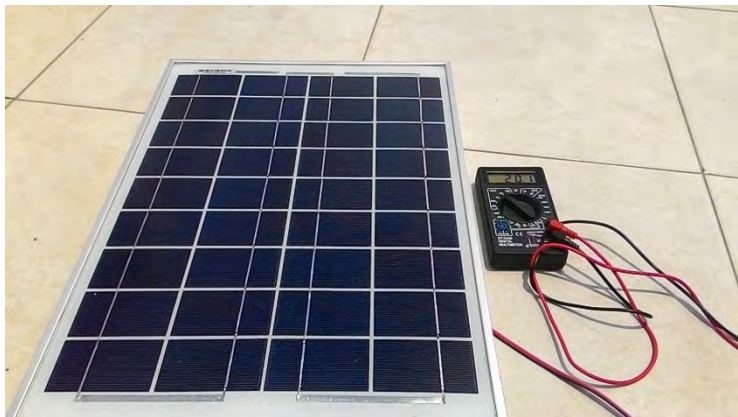
## LAMPIRAN 3

### *Dokumentasi proses pengujian*

#### 1. Pengujian *PWM* Arduino Mega 2560

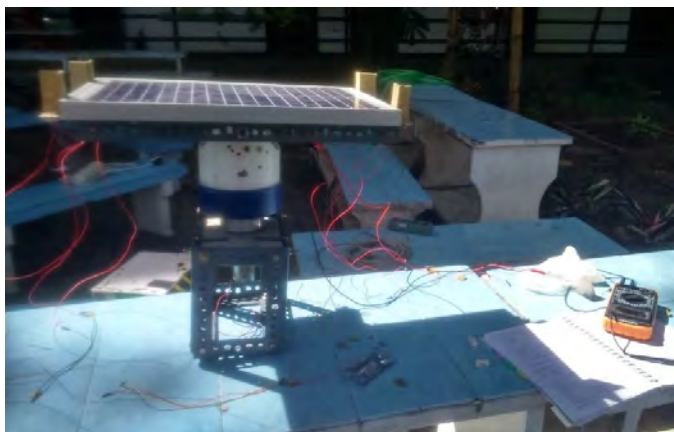


#### 2. Pengujian panel surya



### 3. *Pengujian solar tracker*













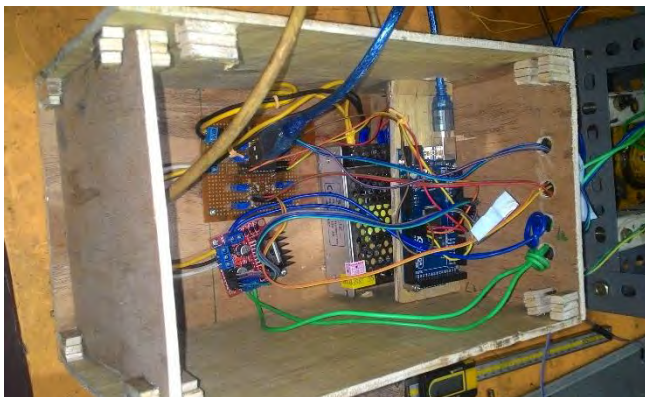
## LAMPIRAN 4

### Dokumentasi Sistem Mekanik *Solar Tracker*

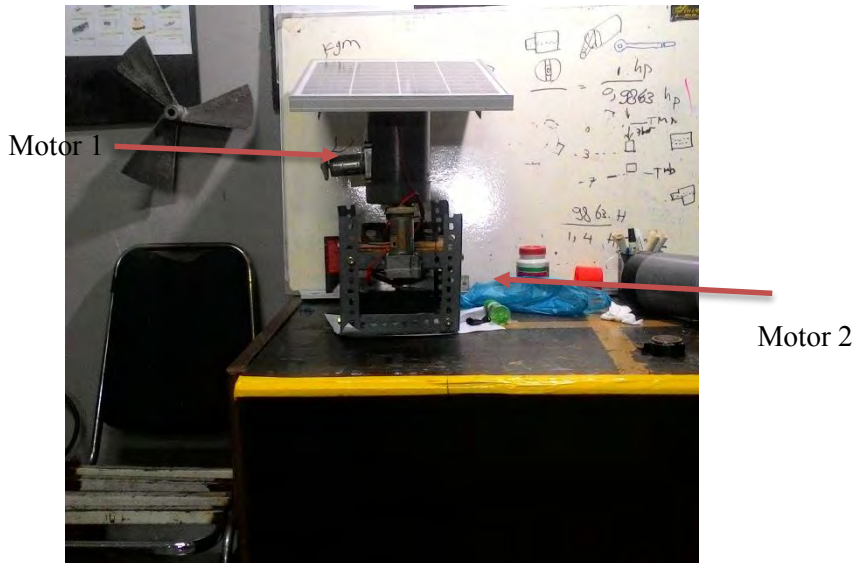
#### 5.1 Pondasi *Solar Tracker*



#### 5.2 *Box* Sistem Elektrik



### 5.3 Pemasangan Motor



### 5.4 Solar Tracker Secara Keseluruhan

